



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

**Ftalatos de dialquilo en alimentos de consumo  
de la población infantil  
del Valle de Toluca**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de  
**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Presenta:

M. en C. A. María Magdalena García Fabila

Comité Doctoral:

Dra. Araceli Amaya Chávez

Dr. Juan Carlos Sánchez Meza

Dra. Patricia Bustamante Montes

Dra. Alicia Reyes García



Toluca México 28 de mayo del 2021.

INDICE

página

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
ABREVIATURAS .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
I.....	Generalidades
.....	2
1.1 Plásticos.....	3
1.2. Plastificantes.....	4
1.3 Ftalatos de Dialquilo.....	4
1.3.1 Propiedades y usos de los ftalatos .....	5
1.3.2 Vías de exposición .....	8
1.3.3. Metabolismo de los ftalatos.....	13
1.4 Efectos de los ftalatos en la salud humana .....	15
1.4.1 Efectos a la salud infantil .....	17
1.5 Ftalatos en alimentos. ....	19
1.6 Legislación.....	19
1.7 Ftalatos en México .....	20
JUSTIFICACIÓN.....	22
HIPÓTESIS.....	23
OBJETIVOS.....	23
OBJETIVO GENERAL.....	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
OBJETO DE ESTUDIO.....	24
II.....	Metodología
.....	25
2.1 Metodología .....	26
2.2 Selección de la población de estudio. ....	27
2.2.1 Sitio de Estudio.....	27
2.2.2. Zona Metropolitana del Valle de Toluca .....	28
2.2.3. Descripción de la población rural y urbana del valle de Toluca.....	28
2.3. Selección de alimentos .....	29
2.4. Identificación de la dieta infantil. ....	30

2.4.1. Dieta de los niños mexicanos.....	31
2.4.2 Elaboración de un plan de muestreo .....	32
2.5 Estandarización de metodologías de extracción y limpieza .....	33
2.5.1. Control de calidad.....	33
2.5.2 Extracción de ftalatos de alimentos .....	34
2.6 Cuantificación de ftalatos en los grupos de alimentos seleccionados.....	36
2.6.1 Validación de los métodos analíticos para la determinación de ftalatos de alimentos .....	36
2.6.2 Condiciones cromatográficas .....	38
2.7 Representación cartográfica del riesgo.....	39
III. Resultados y Discusión .....	40
3.1. Descripción de la población rural y urbana del Valle de Toluca .....	41
3.1.1 Población de estudio. ....	43
3.2 Alimentos seleccionados y su concentración de ftalatos. ....	43
3.3 La dieta infantil rural y urbana. ....	47
3.3.1 Dieta urbana .....	48
3.3.2 Dieta rural.....	52
3.4 Muestreo de alimentos seleccionados .....	59
3.5 Extracción y limpieza de ftalatos en alimentos.....	62
3.6 Método cromatográfico para analizar ftalatos. ....	63
3.7 Determinación de ftalatos en alimentos. ....	66
3.7.1 Alimentos con alto contenido graso .....	66
3.7.2. Cárnicos consumidos en la ZMVT .....	72
3.8. Análisis del Riesgo .....	81
3.8.2 Dibutil ftalato.....	84
3.8.3 Dietil hexil ftalato. ....	85
3.8.4 Alimentos de la ZMVT.....	86
3.9 Representación cartográfica del riesgo .....	87
CONCLUSIONES .....	91
PERSPECTIVAS .....	93
REFERENCIAS .....	94
ANEXOS.....	101

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Representación general de diéster de ácido ftálico .....	5
Tabla 2. Nombre, estructura y propiedades fisicoquímicas de ftalatos encontrados en alimentos. ....	6
Tabla 3. Uso de los ftalatos de dialquilo de DEP, DBP y DEHP. ....	9
Tabla 4. Concentraciones de DEP, DBP y DEHP en compartimentos ambientales ....	12
Tabla 5. Metabolitos primarios y secundarios de DEP, DBP y DEHP y factor FUE.....	15
Tabla 6. Efectos a la salud humana infantil de algunos ftalatos. ....	18
Tabla 7. Etapas del desarrollo humano .....	28
Tabla 8. Procedimientos de extracción de ftalatos de dialquilo de diversas matrices alimenticias. ....	34
Tabla 9. Parámetros de desempeño del método cromatográfico.....	36
Tabla 10. Método SIM.....	37
Tabla 11. Población y número de localidades rurales y urbanas en municipios de la ZMVT.....	41
Tabla 12. Alimentos de la canasta básica mexicana .....	43
Tabla 13. Concentraciones de los ocho ftalatos más reportados en alimentos por categoría.....	44
Tabla 14. Alimentos que consumen los niños de las zonas urbanas .....	46
Tabla 15. Dieta Urbana I (austera) .....	51
Tabla 16. Dieta Urbana II (completa).....	52
Tabla 17. Alimentos que consumen los niños de las zonas rurales. ....	53
Tabla 18. Dieta Rural I (austera) .....	55
Tabla 19. Dieta Rural II (Completa) .....	56
Tabla 20. Matriz de impacto de Alimentos seleccionados para la zona urbana .....	59
Tabla 21. Matriz de impacto de Alimentos seleccionados para la zona rural .....	60
Tabla 22. Alimentos muestreados .....	61
Tabla 23. Parametros de aceptación y criterios para realizar el analisis de los ftalatos .....	62
Tabla 24. Porcentajes de recuperación de ftalatos para cada matriz alimentaria .....	64
Tabla 25. Concentración de ftalatos en alimentos de alto consumo infantil en la ZMVT (µg/Kg).....	82
Tabla 26. Ingesta diaria rural y urbana de DEP, DBP y DEHP. (µg/kg/día) .....	83
Tabla 27. Dosis de referencia para los ftalatos analizados.....	91

Tabla 28. Ingesta diaria ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{pc. D\acute{a}a$ ) por municipio, HQ y HI y su color de riesgo.	92
Tabla 29. Simbología de riesgo de exposición a ftalatos por vía alimenticia	93
Figura 1. Metabolismo de los ftalatos	14
Figura 2. Diagrama de la Metodología	26
Figura 3. Zona Metropolitana del Valle de Toluca	26
Figura 4. Población de los municipios del Valle Metropolitano de Toluca.	40
Figura 5. Ftalatos reportados en estudios en América, Europa y Asia en alimentos.	45
Figura 6. Portada de artículo científico publicado	57
Figura 7. Análisis de ftalatos en aceites para cocinar de la ZMVT	67
Figura 8. Análisis de ftalatos en frituras adquiridas en la ZMVT	68
Figura 9. Análisis de ftalatos en pan dulce en la ZMVT	70
Figura 10. Análisis de ftalatos en pan dulce en la ZMVT por su origen.	71
Figura 11. Análisis de ftalatos en pollo en la ZMVT	72
Figura 12. Análisis de ftalatos en pollo en la ZMVT por su origen	72
Figura 13. Promedio de concentraciones de ftalatos en carne de res en la ZMVT	73
Figura 14. Análisis de ftalatos en res en la ZMVT por su origen	74
Figura 15. Análisis de ftalatos en abarrotes de la ZMVT	76
Figura 16. Ftalatos en crema de leche adquirida en la ZMVT	79
Figura 17. Análisis de ftalatos en yogurt adquirido en la ZMVT	80
Figura 18. Análisis de ftalatos en leches adquiridos en la ZMVT	80
Figura 19. Ingesta diaria (EDI) para la dieta rural y la dieta urbana por ftalato	82
Figura 20. Ingesta diaria por municipio de los ftalatos DEP, DBP y DEHP	86
Figura 21. Mapa de distribución del riesgo de la exposición a ftalatos de dialquilo	94

## **RESUMEN**

Durante la ingesta de alimentos estamos expuestos a sustancias sintéticas que son capaces de provocarnos daños hepáticos, afectaciones a la fertilidad y efectos endocrinos, entre estas sustancias encontramos a los ftalatos que son compuestos empleados como plastificantes, o aditivos de polímeros adicionados a empaques diversos incluyendo los de alimentos. A lo largo de los últimos 50 años se han empleado indiscriminadamente, lo que ha promovido su movilidad en el ambiente. Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar la concentración de los ftalatos de dialquilo en los alimentos que consumen con mayor frecuencia la población infantil del Valle de Toluca, Estado de México, comparando las concentraciones obtenidas con los patrones de dieta de los niños de áreas rurales con los de urbanas. Para establecer las concentraciones reportadas se realizó una búsqueda exhaustiva de la bibliografía relativa a la presencia de ftalatos en alimentos y sobre estudios de riesgo relacionados con la exposición a estos compuestos por vía alimenticia. Se elaboró y aplicó una encuesta que nos permitió establecer la dieta promedio de los habitantes de las zonas rurales y urbanas de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Posteriormente se seleccionaron y analizaron 9 matrices de los alimentos más consumidos con contenido de grasa, empacados y/o con reporte previo de contenido de ftalatos. Se analizaron 9 matrices alimenticias (grasas, frituras, sazoadores, cárnicos, pan dulce, jugos procesados y lácteos) encontrando concentraciones máximas de dietil hexil ftalato (DEHP) en aceites de 5 a 24 mg/Kg, concentraciones de alrededor de 600 µg/Kg en cárnicos y pan dulce y mínimas de 0.33 µg/Kg en masa fresca en crema de leche. El dibutil ftalato (DBP) se encontró en concentraciones máximas 20 a 5.6 mg/Kg en aceites de cocina, entre 200 a 750 µg/Kg en cárnicos y pan y las menores concentraciones en lácteos entre 0.04 y 72 µg/Kg de masa fresca. Mientras que el dietil ftalato (DEP) fue los ftalatos con concentraciones menos frecuentes entre los alimentos analizados, las concentraciones máximas de DEHP se observaron en aceites de 48 a 52 mg/Kg mientras que en pan y cárnicos apenas se detectaron entre 0.05 y 0.25 µg/Kg de masa fresca. Los lácteos tuvieron promedios que van de 0.02 a 451 µg/Kg de masa fresca. Se calcularon las ingestas diarias urbana y rural empleando las dietas completas observando valores de 253, 76 y 568 µg/kg/día para DEP, DBP y DEHP respectivamente en el medio urbano, mientras que para el medio rural los valores de ID fueron de 134, 53 y 415 µg/kg/día para DEP, DBP y DEHP respectivamente. La presencia de ftalatos en alimentos de alto consumo por la población infantil de zonas rurales y urbanas de la ZMVT apuntan hacia un riesgo potencial en la población infantil del ZMVT por en el consumo de alimentos en función de su contenido de grasa y su empaquetado.

## ABSTRACT

During food intake we are exposed to synthetic substances that can cause liver damage, fertility impairment and endocrine effects, among these substances we find phthalates are compounds used as plasticizers, or polymer additives added to various packaging including those of food. Over the past 50 years they have been used indiscriminately, which has promoted their mobility in the environment. A study was carried out with the objective of evaluating the concentration of dialkyl phthalates in the foods most frequently consumed by the child population of the Toluca Valley, State of Mexico, comparing the concentrations obtained with the diet patterns of children from areas rural with those of urban. To establish the reported concentrations, an exhaustive search of the literature regarding the presence of phthalates in food and on risk studies related to the exposure to these compounds by food was carried out. A survey was prepared and applied that allowed us to establish the average diet of the inhabitants of rural and urban areas of the Metropolitan Area of Toluca Valley. Subsequently, 9 matrices of the most consumed foods with fat content, packaged and / or with a previous report of phthalate content were selected and analyzed. 9 food matrices (fats, fried foods, seasonings, meat, sweet bread, processed juices, and dairy) were analyzed, finding maximum concentrations of DEHP in oils from 5 to 24 mg/Kg, concentrations of around 600 µg/Kg in meat and sweet bread and minimum of 0.33 µg/Kg in fresh mass in milk cream. DBP was found in maximum concentrations 20 to 5.6 mg/Kg in cooking oils, between 200 to 750 µg/Kg in meat and bread and the lowest concentrations in dairy products between 0.04 and 72 µg/Kg of fresh dough. The DEP was the phthalates with lower concentrations and less frequent among the foods analyzed, the maximum concentrations of DEHP were observed in oils of 48 to 52 mg/Kg while in bread and meat only between 0.05 and 0.25 µg/Kg of fresh dough were detected. Dairy products had averages ranging from 0.02 to 451 µg/Kg of fresh dough. The urban and rural daily intakes were calculated using the complete diets, observing values of 253, 76 and 568 µg/kg/day for DEP, DBP and DEHP respectively in the urban environment, while for the rural environment the ID values were 134, 53 and 415 µg/kg/day for DEP, DBP and DEHP respectively. The presence of phthalates in foods of high consumption by child population in rural and urban areas of the ZMVT points to a potential risk in the child population of the ZMVT due to the consumption of foods based on their fat content and packaging.

## ABREVIATURAS

ATSDR	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
BBP	Butil bencil ftalato
BMDL	Relación dosis respuesta
°C	Grados Celsius
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
CG	Cromatografía de gases
CG-MS	Cromatografía de gases acoplada a masas
DAP	Di-alquil ftalato
DBP	Di butil ftalato
DcHxP	Di-ciclohexil ftalato
d4-DEP	d4-Di etil ftalato
d4-DBP	d4-Di butil ftalato
d4-DEHP	d4-Di-(2-ethylhexil) ftalato
DE	Disruptor endocrino
DEHP	Di etil hexil ftalato
DEHP	Di-(2-ethylhexil) ftalato
DEP	Di etil ftalato
DBP	Di butil ftalato
DiBP	Di isobutil ftalato
DiDP	Di-isodecil ftalato
DINP	Di isononil ftalato
DMP	Di metil ftalato
DPHP	Di-propil heptil ftalato
DiPrP	Di-iso-propil ftalato
DnHxP	Di-n-hexil ftalato
DnPeP	Di-n-pentil ftalato
DMP	Di-metil ftalato
DNP	Di-n-nonil ftalato
DOP	Di-n-octil ftalato
RfD	Dosis de referencia oral
EPA	Environmental Protection Agency
FIT	Detector de ionización de llama
HI	Índice de riesgo
HPLC	Hight Performans liquid Cromatography
IDE	Ingesta Diaria Estimada
IUPAC	Instituto de Investigación de Química Pura Aplicada
LGSA	Laboratorio de Genero Salud y Ambiente
l	Litro
LC	Límite de cuantificación
LD	Límite de detección
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level
Log Kow	Coficiente de partición (octanol/agua)
LOD	limit of detection



LOQ	limit of quantification
ml	Mililitro
MBP	Mono-butil ftalato
MS	Espectrometría de masas
MTon	Millones de toneladas
MBzP	Mono-benzil ftalato
MCPP	Mono-3-carboxypropil ftalato
MCMHP or 2cx-MMHP	
MECPP or 5cx-MEPP	
MEHHP	Mono-2-ethyl-5hydroxihexil ftalato
MEHP	Mono-etilhexil ftalato
MEOHP	Mono-2-ethyl-5-oxohexyl phthalate
5OH-MEHP	Mono-2-ethyl-5-oxohexyl phthalate
MEP	Mono-ethyl phthalate
MiBP	Mono-iso-butyl phthalate
MiNP	Mono-iso-nonyl phthalate
MMP	Mono-methyl phthalate
MnOP	Mono-n-octyl
n	number of samples
NA	not available
ND	not detectable
NOM	Norma oficial mexicana
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
m/z	Relación masa/carga
PVC	Policloruro de vinilo
µg	Microgramo
µl	Microlitro
SIM	Método del ion único
uma	Unidad de masa atómica
TDI	Tolerable Daily Intake
USFDA	U.S. Food and Drug Administration
ZMVT	Zona Metropolitana del Valle de Toluca

## INTRODUCCIÓN

Los aditivos a los polímeros empleados en muchos de los envases de alimentos son los ftalatos de dialquilo, los cuales han trascendido de las matrices antropogénicas hacia matrices ambientales. Los ftalatos son compuestos sintéticos derivados del ácido o-ftálico que se han encontrado como contaminantes en alimentos, constituyendo una vía de exposición importante para la población, dichos compuesto han sido encontrados en sangre, semen y leche materna; afectan a la salud humana, se les ha relacionado con el cáncer, diabetes y disrupción endócrina. (ATSDR, 1995, 2001, 2002a; Bustamante-Montes, 2007). El consumo de alimentos es la principal fuente de exposición. Las concentraciones en matrices alimenticias como lácteos y carnes se han reportado concentraciones de ftalatos de dialquilo en un intervalo de 2.7 a 3350  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de grasa, (Fierens *et al.*, 2012), por lo que al ser consumidos por el hombre constituyen una fuente de exposición crónica importante. Por lo que el propósito de este estudio fue evaluar la concentración de los ftalatos de dialquilo en los alimentos que consumen con mayor frecuencia los niños que habitan en el Valle de Toluca, Estado de México, para si poder comparar las concentraciones obtenidas con los patrones de dieta de los niños de áreas rurales con los de urbanas y establecer si existe un riesgo por exposición a ftalatos, dado el consumo de alimentos.

El capítulo I presenta las generalidades sobre los ftalatos en especial las propiedades, usos, distribución, metabolismo y efectos a la salud reportados; así como algunas observaciones sobre la legislación mexicana al respecto. El capítulo II presenta los objetivos, la metodología que se siguió para identificar la población de estudio, el proceso de la revisión de la información científica sobre la contaminación de alimentos por ftalatos, la elaboración de la encuesta, la identificación de la dieta infantil rural y urbana, así como las metodologías para el análisis de ftalatos en las diversas matrices alimenticias analizadas. El capítulo III muestra los resultados y discusión y finalmente se presenta las conclusiones y perspectivas.

## 1. Generalidades

## 1.1 Plásticos

El crecimiento de la industria alimentaria ha modificado los procesos, materiales de producción y oferta de alimentos, esta situación aunada a los cambios en los patrones de consumo alimentario, ha traído consigo sobre producción de alimentos envasados, la mayor parte en plástico que tienen como ventajas mejor manipulación y costo, comparado con los envases de vidrio o metal (Conde Ortiz, 2012). Se dice que envasar en plástico aumenta el ciclo de vida de los alimentos y se considera que usar plásticos es inofensivo (Conde Ortiz, 2019a). La producción mundial del plástico en 2016 alcanzó 335 millones de toneladas (MTon), siendo China, Europa, Estados Unidos, Canadá y México los mayores productores mundiales (PlasticsEurope, 2017), de los cuales el 39.4% se dedicaron a empaques y almacenamiento. En 2019 se produjeron 373 Mton, de los cuales México produjo el 1%. En México durante el 2019, se emplearon 7.4 millones de toneladas de plásticos, el 82% se utilizó en la producción de *comodities* (envases, bolsas o bien recubrimientos de latas, la mayoría productos de un solo uso) (Conde, 2020)

México en el 2015 ocupó el tercer lugar en producción de alimentos en Latinoamérica y el décimo segundo en el mundo, con una producción de 280 millones de toneladas, de las cuales 5.8 millones de toneladas de productos agrícolas empacados o enlatados fueron exportados a otros países (Sosa Baldivia, 2017).

Los materiales plásticos son muy persistentes en el ambiente por lo que pueden ser reutilizados o reciclados. Conde Ortiz, 2019b menciona que, desde 1950, se ha reciclado alrededor del 9% del plástico que se ha producido hasta la fecha, sin embargo, el destino del resto se desconoce. Se estima que más de la mitad se encuentran en vertederos artificiales o bien están distribuido en el ambiente. Los más usados son: Polietileno (PE), Polyester (PET), Polipropileno (PP) y Cloruro de polivinilo (PVC). La mayoría se emplean en la fabricación de envases.

El plástico es un material polimérico que puede ser clasificado como hule o termoplástico. Los termoplásticos son materiales rígidos a temperatura ambiente, mientras que los hules suelen ser compuestos suaves. Los termoplásticos suelen adicionarse de aditivos como los plastificantes que le proporcionan flexibilidad, les aportan durabilidad, elasticidad y amplían su interés industrial. (Bui *et al.*, 2016).

## **1.2. Plastificantes.**

Según la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) un plastificante es una sustancia que se incorpora a un material plástico y/o termoplástico para facilitar su procesado, aumentar su flexibilidad y facilitar su transformación. Un plastificante puede disminuir la viscosidad del material fundido, disminuir el módulo de elasticidad y la temperatura de transición vítrea ( $T_r$ ) de un polímero (Beltrán y Mancilla, 2012). Los plastificantes más utilizados mundialmente son los ftalatos de dialquilo (García *et al.*, 2018). Actualmente existen alternativas que se clasifican como adipatos, benzoatos, citratos, ácidos dicarboxílicos del ciclohexano, ester de fosfato, sebacatos, tereftalatos, trimellitatos, derivados de aceites vegetales, entre otros. El principal problema de los plastificantes es la pobre retención del compuesto dentro del polímero, ya que la migración del plastificante a la superficie es lo que conduce a un deterioro del material plastificado (Bui *et al.*, 2016) y el plastificante liberado puede contaminar el ambiente.

## **1.3 Ftalatos de Dialquilo.**

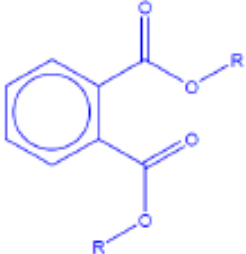
Los ftalatos son di ésteres del ácido ftálico, es decir un ácido di carboxílico aromático, en el que los dos grupos carboxilos se encuentran en carbonos adyacentes en un anillo de benceno (configuración orto). Son compuestos estables, líquidos a temperatura ambiente, y con un aroma característico (Prada Carlos, 2016). Los ftalatos de mayor peso molecular se pueden considerar poco solubles, mientras que los de menor peso molecular son ligeramente solubles en agua; los valores altos de coeficiente de partición octanol/agua ( $\text{Log } K_{ow}$ ) indican la

lipofilidad de los ftalatos, la cual aumenta con la longitud de la cadena alquílica; así los compuestos con cadenas más largas tendrán afinidad a sustancias con alto contenido de grasa (ATSDR 2002a).

### 1.3.1 Propiedades y usos de los ftalatos

El término “ftalato” ha sido determinado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estado Unidos (EPA) como diéster del ácido ftálico, es decir un ácido dicarboxílico aromático, en el que los dos grupos carboxilos se encuentran en carbonos adyacentes en el anillo de benceno (configuración orto, implicada en el uso genérico del término “ésteres de ftalato). La estructura química se muestra en la Tabla 1, (Bustamante *et al.*, 2004).

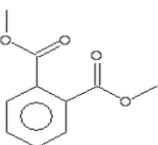
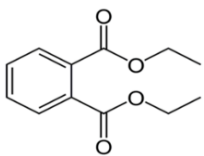
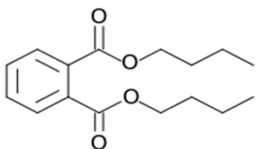
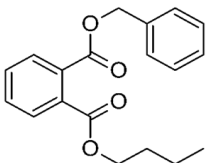
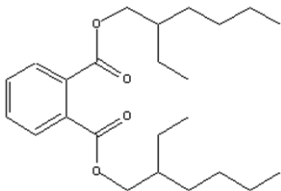
**Tabla 1. Representación general de diéster de ácido ftálico**

Estructura general	Ftalatos ramificados	Ftalatos lineales
	Dibutil ftalato (DBP)	Di heptil nonil undecil ftalato (DHUP)
	Di hexil ftalato (DHP)	Di nonil ftalato (DNP)
	Di isoheptil ftalato (DIHP)	Di nonil undecil ftalato (DNUP)
	Di octil ftalato (DOP)	Di undecil ftalato (DUP)
	Di insectil ftalato (DIOP)	
	Di isononil ftalato (DINP)	
	Di isodecil ftalato)	

Fuente: Araujo 2007.

Los sustituyentes R y R´ pueden ser cadenas alifáticas lineales o cíclicas, ambas cadenas suelen ser simétricas, pero hay excepciones como por ejemplo el butil bencil ftalato. En general, los ftalatos son compuestos estables en estado líquido a temperatura ambiente, y con un aroma característico. En la Tabla 2 se muestran algunos ftalatos, su nombre, siglas, estructura y propiedades.

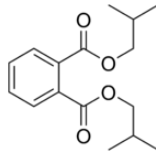
Tabla 2. Nombre, estructura y propiedades fisicoquímicas de ftalatos encontrados en alimentos.

Nombre/ Siglas/ Fórmula	Estructura	Propiedades
Dimetil ftalato DMP C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>		Peso molecular: 194.2 g/mol Punto ebullición: 284°C Punto de fusión: 5,5°C Densidad relativa: 1,19 g/mL Solubilidad en agua: 0.4% (20°C) Log Kow: 1.47 – 2.12 Metabolito: Mono metil ftalato (MMP)
Dietil ftalato DEP C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>		Peso molecular: 222,3 g/mol Punto ebullición: 295°C Punto de fusión: -67 a -44°C Densidad relativa: 1,1 g/mL Solubilidad en agua: 1080mg/L (25°C) Log Kow: 2.47 Metabolito: Mono metil ftalato (MEP)
Dibutil ftalato DBP C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>		Peso molecular: 278,3 g/mol Punto ebullición: 340°C Punto de fusión: -35°C Densidad relativa: 1,05 g/mL Solubilidad en agua: 0,01 g/L Log Kow: 4.72 Metabolito: Mono butil ftalato (MBP)
Butil bencil ftalato BBP C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> O <sub>4</sub>		Peso molecular: 312,4 g/mol Punto ebullición: 370°C Punto de fusión: -35°C Densidad relativa: 1,1 g/mL Solubilidad en agua: 0.71 mg/L Log Kow: 4.77 Metabolitos: Mono butil ftalato (MBP) y Mono bencil ftalato (MBzP)
Dietil hexil ftalato DEHP C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>		Peso molecular: 390.6 g/mol Punto ebullición: 385°C Punto de fusión: -50°C Densidad relativa: 0.986 g/mL Solubilidad en agua: 0.00003% (23.8°C) Log Kow: 5.03

Di isobutil ftalato

DiBP

$C_{16}H_{22}O_4$



Metabolito: Mono metil ftalato (MEHP)

Peso molecular: 278.35 g/mol

Punto ebullición: 320 °C

Punto de fusión: -37 °C

Densidad relativa: 1.038 g/mL

Solubilidad en agua: 1 mg/L (20 °C)

Log<sub>kow</sub>: 4.11

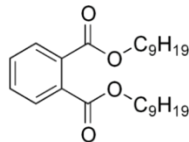
Metabolito: Mono isobutil ftalato (MiBP)

Di isononil ftalato

DiNP

$C_{26}H_{44}[COO(CH_2)_6C$

$H(CH_3)_2]_2$



Peso molecular: 418.61 g/mol

Punto ebullición: 244 (25 °C)

Punto de fusión: -43 °C

Densidad relativa: 0.98 g/mL

Solubilidad en agua: <0.01 g/ml (20°C)

Log Kow  $\approx$  10

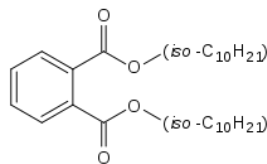
Metabolito: Mono isononil ftalato (MiNP)

Di iso decil ftalato

DiDP

$C_{28}H_{48}[COO(CH_2)_7$

$CH(CH_3)_2]_2$



Peso molecular: 446.66 g/mol

Punto ebullición: 250 a 257 °C

Punto de fusión: -50 °C

Densidad relativa: 0.96 a 0.97 g/mL

Solubilidad en agua: NR

Log Kow: NR

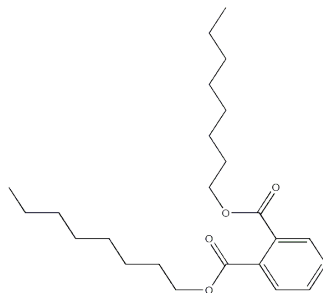
Metabolito: Mono isodecil ftalato (MiDP)

Di n-octil ftalato

DOP

$C_{24}H_{40}[COO(CH_2)_7$

$CH_3]_2$



Peso molecular: 390.56 g/mol

Punto ebullición: 220°C

Punto de fusión: -25°C

Densidad relativa: 0.98 g/mL

Solubilidad en agua: NR

Log<sub>kow</sub>: 5.22

Metabolito: Mono octil ftalato (MOP)

Elaboración propia con información de (ATSDR, 1995, 2002b; Bustamante-Montes *et al.*, 2004, 2013; SCHETTLER, 2006; Cacho *et al.*, 2012; Prada Carlos, 2016; Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades, 2018; FDA/ Nutrition, 2018)

Los ésteres de ftalatos son (mono y di) ésteres del ácido ftálico, un derivado del ácido orto-dicarboxílico de benceno; se han utilizado ampliamente, en los últimos 50 años, como plastificantes industriales, para recubrir las superficies de los



envases de cloruro de polivinilo utilizados en el envasado de alimentos, en dispositivos médicos (Cacho et al., 2012; Schettler, 2006; US FDA, 2012), en juguetes (Bouma and Schakel, 2002; Prada y Romano 2016), mamilas y chupones (Bustamante et al., 2004); además se adicionan como aditivos en calidad de agentes estabilizantes, lubricantes y emulsificantes a shampos, perfumes, esmaltes para uñas, productos de limpieza, pinturas, adhesivos y formulaciones farmacéuticas (Kundo et al., 2010; Hauser and Calafat, 2005; Sathyanarayana et al., 2008; Prada, 2016).

Los ftalatos con efectos a la salud infantil más mencionados se eligieron para el presente estudio, se seleccionaron tres ftalatos: uno de bajo peso molecular DEP, el DBP de mediano peso molecular y el DEHP de alto peso molecular, que además es el más empleado a nivel mundial como plastificante. La tabla 3 muestra los números de identificación única para compuestos químicos o registro CAS, así como los usos más comunes de estos ftalatos.

### **1.3.2 Vías de exposición**

Los niveles de exposición a ftalatos se expresan como microgramos ( $\mu\text{g}$ ) / kilogramo (kg) de peso corporal (pc) / día (d), es decir, la unidad estándar ( $\mu\text{g} / \text{kg pc} / \text{día}$ ) (Benjamin *et al.*, 2017). De todos los medios de exposición, los alimentos especialmente los que tienen un alto contenido de grasas y las bebidas procesadas son las principales rutas de exposición al DEHP y al DINP (Birnbaum and Schug 2013; Fang et al., 2017; Fierens et al., 2012), además de los contactos dérmicos (cosméticos y ambiente) (Lorber and Koch, 2013; Wu *et al.*, 2015), y la inhalación, (exposición ocupacional o ambiental), las ingestas no dietéticas y la exposición a dispositivos médicos (Kimber et al., 2010)

**Tabla 3. Uso de los ftalatos de dialquilo de DEP, DBP y DEHP.**

<b>Ftalato/ número CAS</b>	<b>Usos</b>
DIETHYL PHTHALATE CAS # 84-66-2	Cepillos de dientes, piezas de automóviles, herramientas, juguetes, gomas de borrar, tintas, selladores, adhesivos, pinturas, embalaje de alimentos, cosméticos, insecticidas y aspirina.
DI-n-BUTYL PHTHALATE CAS #84-74-2	Soportes de alfombras, pinturas, pegamento, repelentes de insectos, aerosol para el cabello, combustible para cohetes, adhesivos, tintas de impresión, selladores, lechadas para construcción, aditivos para perfumes, desodorantes, fijadores de pelo, esmalte de uñas e insecticidas.
Di(2-ethylhexyl) phthalate CAS # 117-81-7	Revestimientos de paredes, manteles, baldosas, tapicería de muebles, cortinas de ducha, mangueras de jardín, forros de piscina, ropa de lluvia, pantalones de bebé, muñecas, perfumes, algunos juguetes, zapatos, tapicería, piezas para automóviles, películas y hojas de embalaje, revestimiento de alambre y/o cables, tubos médicos y bolsas de almacenamiento de sangre.

(ATSDR, 1995, 2001, 2002; Cacho *et al.*, 2012; Prada, 2016).

Los ftalatos no solo se han encontrado en alimentos procesados, ya que estos pueden estar presentes en el ambiente (Ho *et al.*, 2017), se han encontrado en agua, suelo o aire (Fierens, *et al.*, 2013; Prada Carlos, 2016) (tabla 4) por los residuos industriales o domésticos, haciendo posible la contaminación de alimentos a través de agua de riego, la precipitación de partículas suspendidas en el ambiente o absorción del compuesto contenido en el suelo ya que dichos compuestos son ubicuos (Helm, 2007; Moreira *et al.*, 2013).

Los ftalatos son plastificantes de alta eficiencia y baja permanencia en el PVC (Bustamante *et al.*, 2013), por lo que los objetos de plástico como juguetes, envases o materiales de uso médico, pueden ser una fuente de exposición a ftalatos.

La exposición humana a ftalatos por la vía alimenticia es la más preocupante, en matrices alimenticias como lácteos y carnes se han reportado concentraciones de ftalatos de dialquilo en un intervalo de 2.7 a 3350 µg/Kg de grasa, (Fierens *et al.*, 2012), por lo que al ser consumidos por el hombre constituyen una fuente de exposición crónica importante. Estudios realizados por Bradley *et al* (2013), Schechter *et al* (2013) y Holderbeke *et al* (2014), encontraron que existe una contaminación con ftalatos en diferentes alimentos de consumo cotidiano en Estados Unidos, Bélgica e Inglaterra donde se analizaron cárnicos, lácteos y panes, entre otros alimentos.

#### **1.3.2.1 Ftalatos en el ambiente**

El origen de la contaminación ambiental por ftalatos ha sido reportado por la ATSDR, mencionan que el DEP, DBP y DEHP pueden integrarse al ambiente en los desechos de fábricas que los producen o emplean en sus procesos, o en residuos domésticos. Altas concentraciones de ftalatos se han encontrado en zonas cercanas a industrias, vertederos o sitios de eliminación de desechos (ATSDR, 1995, 2002b, 2002a). Se ha reportado la presencia de ftalatos en diferentes compartimentos ambientales como la atmósfera, agua y el suelo, en diferentes sitios del planeta como Norteamérica, Europa, Asia y África, la tabla 4 muestra las concentraciones reportadas en diferentes estudios compilados por Bergé en 2013.

En México Félix-Cañedo *et al*, 2013 reportaron la presencia de DEHP en diversas fuentes de agua encontrando concentraciones de 19 hasta 232 ng/L en el 43% de los puntos muestreados de aguas subterráneas, entre 75 y 2282 ng/L en el 100% del agua superficial de presas muestreadas y entre 1 y 314 ng/L del 70 % de tanques de aguas mixtas analizados en el centro de México. En otro estudio realizado en México, en agua de manantiales se reportó BBP entre 1.7 y 2.0 ng/L y DEHP entre

6.6 y 25 ng/L mientras que en aguas residuales BBP entre 77 y 81 µg/L y DEHP 124 µg/L (Gibson *et al.*, 2007).

La interacción entre los compartimientos ambientales podría explicar la presencia de ftalatos en todos ellos. En el caso específico del agua los ftalatos podrían llegar hasta el agua del grifo.

**Tabla 4. Concentraciones de DEP, DBP y DEHP en compartimentos ambientales.**

Ftalato	Compartimento								
	Atmosfera (ng/m <sup>3</sup> )	Agua de lluvia (µg/L)	Agua superficial (µg/L)	Solidos suspendidos (µg/Kg de peso seco)	Sedimento (µg/Kg de peso seco)	Suelo (µg/Kg de peso seco)	Agua residual artificial (µg/L)	Agua residual residencial (µg/L)	Agua residual industrial (µg/L)
Estudios	10	9	33	4	23	13	4	4	5
DEP	0.18 a 56	0.02 a 0.45	0.01 a 2.5	0.04 a 2.69	0.01 a 1.20	0.01 a 2.61	1.3 a 192	0.35 a 45.0	0.35 a 100
DBP	0.16 a 2,480	0.03 a 11.0	0.01 a 26.0	0.09 a 57.8	0.02 a 72.2	0.01 a 30.1	0.76 a 33.6	0.34 a 51.0	0.36 a 120
DEHP	0.08 a 3,640	0.02 a 39	0.01 a 64.3	0.70 a 630	0.01 a 115	0.02 a 264	0.63 a 470	3.30 a 161	0.01 a 4,400
Países	USA, Suiza, China, Dinamarca, Francia, Holanda, Mar de Noruega, Grecia	USA, Suiza, Canadá Dinamarca, Francia, Holanda	Usa Suiza Alemania Reino unido Malasia Italia Holanda España Japón Taiwán China Francia Irán Canadá	Holanda China Francia	Usa Reino unido Malasia Singapur Italia Alemania Taiwán China Holanda España Francia Japón India	Usa Dinamarca China Reino unido Holanda	USA Francia España Holanda	USA Francia España Holanda	USA Francia España Holanda

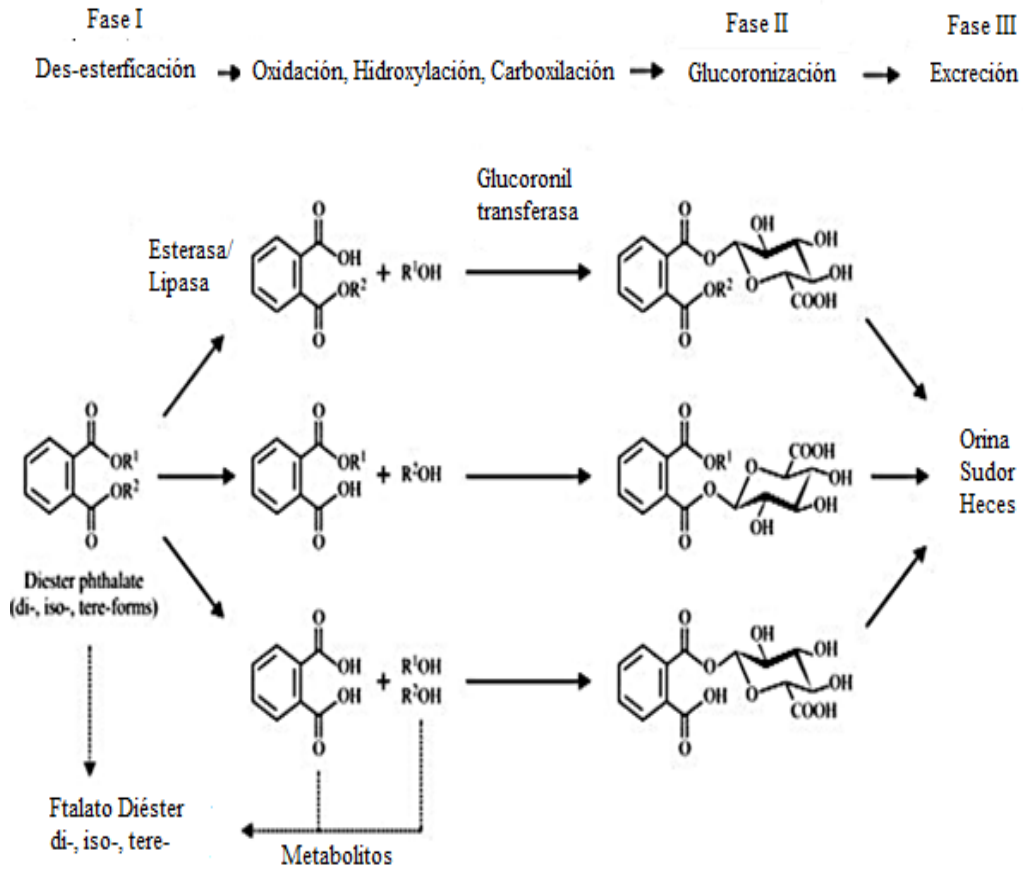
Fuente: (Bergé *et al.*, 2013)

### 1.3.3. Metabolismo de los ftalatos

Después de ingresar al organismo humano, los ftalatos reaccionan en dos fases principalmente. Estos compuestos no se bioacumulan y tiene un tiempo de vida media dentro del organismo de 24 horas (Braun, Sathyanarayana and Hauser, 2013). En la primera fase ocurre una hidrólisis. El diéster ftálico se hidroliza al monoésteres ftálico. Este proceso es catalizado por lipasas y esterases excretadas por las glándulas salivales, el intestino y el hígado (Braun, Sathyanarayana and Hauser, 2013; Benjamin *et al.*, 2017).

Vale la pena mencionar que los monoésteres de ftalato son más bioactivos cuando se hidrolizan. Los ftalatos de bajo peso molecular como DEP se excretan principalmente por la orina, mientras que los ftalatos de mediano y alto peso molecular como el DBP y DEHP se biotransforman, incluyendo reacciones de hidroxilación y oxidación (Tabla 5) antes de que se excreten en el sudor, la orina y heces. (ATSDR, 2002b; Genuis *et al.*, 2012; Benjamin *et al.*, 2017), (Fig. 1). En la fase II los monoésteres se transformarán por conjugación en sulfo o glucurónido para poder ser excretados en alrededor de 2 horas (Latini, 2005; Park *et al.*, 2014; Benjamin *et al.*, 2017). Los ftalatos se han detectado en orina, sangre, sudor, heces, leche materna, meconio, semen (Sablayrolles *et al.*, 2005; Bustamante *et al.*, 2013). Para identificarlos en los organismos, el medio más común es la orina. Los ftalatos elegidos para este estudio son de bajo, medio y alto peso molecular respectivamente DEP, DBP y DEHP. La tabla 5 presenta los metabolitos primarios y secundarios de cada uno su factor de excreción urinario (FUE) calculado 24 h después de una administración oral y que expresa la velocidad con la que los compuestos son eliminados por la orina.

**Figura 1. Metabolismo de los ftalatos**



Traducido de Benjamin, 2017

**Tabla 5. Metabolitos primarios y secundarios de DEP, DBP y DEHP y factor FUE.**

Ftalato	Metabolitos primarios	Metabolitos secundarios	FUE (mono éster)	FUE (diéster) Total
DEP <sup>1</sup>	MEP		0.690	0.690
DBP <sup>2</sup>	MBP	3OH-MnBP o MHBP	0.840	0.922
		MCPP 0.048	0.069	
			0.048	
DEHP <sup>3</sup>	MEHP		0.059	0.67
		MEHHP or 5OH-MEHP		0.150
		MEOHP or 5oxo-MEHP		0.233
		MECPP or 5cx-MEPP		0.185
		MCMHP or 2cx-MMHP		0.042

(<sup>3</sup>Koch, Preuss and Angerer, 2006; <sup>1</sup>Itoh, Yoshida and Masunaga, 2007; <sup>2</sup>Kasper-Sonnenberg *et al.*, 2012; Katsikantami *et al.*, 2016). FUE=Factor de excreción urinaria.

La excreción de los ftalatos es relativamente rápida, sin embargo, la exposición es diaria y continua.

#### 1.4 Efectos de los ftalatos en la salud humana

Los efectos adversos más significativos de los ftalatos se observan en el desarrollo fetal y las anomalías reproductivas, incluso se ha desarrollado el llamado "síndrome de ftalato" (Sharpe and Skakkebaek, 2008; Benjamin *et al.*, 2017), se ha



observado una asociación entre la exposición a ftalatos y la resistencia a la insulina y tendencia a la obesidad (Cobellis *et al.*, 2003; Kuo *et al.*, 2013; Kim, 2014).

La evidencia de efectos en la salud humana es limitada en las poblaciones latinoamericanas, algunos estudios realizados en esta zona, reportan la posible relación entre DEHP, BBP y DEP y la alteración en la calidad del semen, disminución en el tiempo de gestación, reducción en la distancia ano-genital en niños, el desarrollo prematuro en niñas (Cacho *et al.*, 2012; Prada *et al.*, 2016) así como una posible relación con el cáncer de mama (López *et al.*, 2010) y el desarrollo de diabetes (Lind *et al.*, 2012).

La agencia de protección ambiental (EPA) asignó a estos compuestos efectos tóxicos múltiples, entre ellos atrofia gonadal y disminución de la testosterona y de los caracteres sexuales en el hombre (Scaglia *et al.*, 2009). Los estudios de toxicidad de los ftalatos y sus metabolitos han demostrado que los ftalatos tienen un efecto adverso considerable para la salud humana. Varios ftalatos, algunos de los cuales están frecuentemente presentes en los alimentos, están asociados con un deterioro en el desarrollo del sistema reproductivo masculino en roedores y seres humanos durante la fase de diferenciación sexual del feto (Dikson *et al.*, 2009). Otros efectos son la disminución en el tiempo de gestación debido a la inducción de la inflamación intrauterina producida por el DEHP (Lyche *et al.*, 2009), abortos espontáneos fueron explicados por la exposición a estrógenos ambientales como el DEHP y el DiBP en mujeres chinas (Peng *et al.* 2016). También se ha observado la reducción de la producción y calidad de semen en los hombres adultos (Dikson *et al.*, 2009). Mientras que en niños de 2 a 36 meses de edad se ha encontrado una asociación negativa entre la distancia ano genital (AGI; AGD / peso) y los niveles de MEP, MBP, MBzP y MIBP detectados en la orina de la madre y en el líquido amniótico (Huang *et al.*, 2008).

La exposición a DEHP durante el embarazo fue asociado al autismo (Larsson *et al.* 2009, Carter y Blizard 2016) o con concentraciones urinarias de DEP, DBP y DEHP en niños autistas (Carter y Blizard 2016). Mientras que la relación de presencia de

los metabolitos de DEHP, DOP y DBP con el desorden de atención e hiperactividad en niños en edad escolar. (Bung-Nyun et al 2009. Corea).

Los estudios en México sobre ftalatos han demostrado que existe una exposición a ftalatos de la población especialmente la de los niños (Bustamante *et al.*, 2013; Bustamante et al, 2004) y en mujeres (López-Carrillo *et al.*, 2010; Watkins *et al.*, 2014; Elizalde *et al.*, 2012) pero no queda claro el origen de los compuestos, lo que deja una duda importante para la resolución del problema a la exposición.

#### **1.4.1 Efectos a la salud infantil**

Se ha descrito una asociación entre la exposición a BBzP, DEHP, y DBP en polvo de hogares con el potencial de generar asma y/o rinitis en niños suecos (Bornehag et al.2004, Suiza). La tabla 6 menciona los efectos de algunos ftalatos, asociados a niños y niñas.

El momento de la exposición y la manifestación de un trastorno no son necesariamente inmediatos, incluso si la exposición fue muy temprana, pueden observarse los efectos en la edad adulta o durante el envejecimiento. Por otro lado, las mezclas de sustancias disruptores a la que los niños y adultos suelen estar expuestos pueden contribuir a efectos aditivos o sinérgicos. Los efectos epigenéticos o transgeneracionales han sido considerados por varios estudios (Diamanti-Kandarakis *et al.*, 2009; Guo, Feng and Wang, 2019; Li *et al.*, 2019). Los productos químicos asociados a la disrupción endocrina o a desórdenes del comportamiento han mostrado una estrecha relación entre los genes y el ambiente.(Carter and Blizard, 2016).

**Tabla 6. Efectos a la salud humana infantil por la exposición a algunos ftalatos.**

Individuos	Condición	Ftalatos	Referencias
Niños	Sobrepeso y obesidad Aumento radio /cintura	MEP, MBP, y MiBP Ingesta de alimentos con ftalatos	Stahlhut et al 2007; Buser, et al., 2014; Hatch et al., 2008; Dirtu et al 2013; Wang et al., 2019
Niños	Rinitis alérgica, dermatitis atópica, conjuntivitis	DEHP, BzBP, DBP, and DEP	Braun et al., 2013; Hoppin et al., 2013; Ait Bamai et al., 2014; Wang et al., 2015; Wang et al., 2019; Gascon et al., 2015; Bornehag et al.2004
Exposición prenatal niños	Alergias en bebés Asma (niños 7 años)	DEHP, BzBP, DBP, and DEP DEHP	
Niñas	Desarrollo de la pubertad	MEP, MBP, DEHP y DiNP	Duty et al., 2003; Hauser et al., 2006; Frederiksen et al., 2012; Upson et al., 2013; Durmaz et al., 2010; Radke et al., 2018; Wang et al., 2019. Scaglia et al., 2009; Peng et al. 2016
Niños	Ginecomastia Afectaciones a la salud reproductiva	DEHP y MEHP MBP, MBzP, MEP y MiBP	
Exposición prenatal niños	Autismo infantil Déficit de atención, hiperactividad	DEHP, DBP DEHP, DOP y DBP	Larsson et al. 2009, Carter y Blizard 2016 Subin et al., 2014; Bung- Nyun et al 2009

La exposición continua a ftalatos de mayor importancia para la población general es la alimenticia. Diversos alimentos envasados y no envasados han sido analizados en varios países encontrando que son una considerable fuente de exposición de varios tipos de ftalatos (Cacho et al., 2012; Bradley et al., 2013;

Schechter et al., 2013; Holderbeke et al., 2014); en el caso de los alimentos envasados, puede existir una migración, del empaque hacia el alimento lo cual ha sido ampliamente reportado incluso para el caso de bolsas de polietileno (Sun et al., 2012), mientras que los no envasados se contaminan con ftalatos provenientes del medio ambiente (Cacho et al., 2012).

### **1.5 Ftalatos en alimentos.**

Koch y colaboradores en el 2012 reportaron un estudio sobre los patrones de actividad personal durante 48 horas, observando la presencia de ftalatos de dialquilo y sus principales metabolitos en orina, encontrando un incremento de ftalatos de alto peso molecular como di-2-etil hexil ftalato (DEHP), di-isononil ftalato (DINP) y di-isononil ftalato/di-propil heptil ftalato (DINP/DPHP) en cada ocasión en la que se ingirió algún alimento y luego declinan a lo largo del día hasta volver a tener una comida.

Conocer la presencia de los ftalatos en los alimentos, ayudará en su regulación y al evidenciar la presencia de los ftalatos en los alimentos que ingieren los niños, podría prevenir los daños disruptivos que su ingesta crónica conlleva, ya que son el grupo de riesgo más importante de las poblaciones humanas.

### **1.6 Legislación**

Considerando que la mayor fuente de exposición a ftalatos es por la vía de los alimentos, la USFDA (U.S. Food and Drug Administration) ha establecido un límite máximo permisible del 3% para el ftalato comercialmente más utilizado el DEHP en materiales poliméricos en contacto directo con alimentos. México no cuenta con normatividad al respecto, aunque se ha estudiado brevemente la inocuidad alimenticia y la exposición laboral.

El uso de plásticos está creciendo de manera alarmante en todo el mundo y de la misma forma su relación con daños a la salud, debido a este inminente problema se ha incrementado el análisis de los ftalatos como plastificantes. En 2012, Conde Ortiz comentó un estudio de la industria del plástico en México para la revista Ambiente Plástico encontrando que la producción mundial de plásticos fue de 256 millones de toneladas (MTon) por año del mercado plastificante; del cual Latinoamérica produce el 4% del total, donde México es el 2% con 5,3 MTON.

### **1.7 Ftalatos en México**

El primer estudio realizado en México, con respecto a ftalatos, tuvo como propósito indagar sobre la magnitud del problema de uso de productos infantiles orales fabricados con PVC y ftalatos. La exposición diaria calculada procedente de productos para chupar o morder fue de 13.9 µg/ kg de peso/día, aunque la exposición puede incrementarse por otras fuentes. Si bien los importadores y fabricantes de marca registrada en México decidieron voluntariamente eliminar a los ftalatos de sus productos, no se llegó a normar sobre su uso, ni sobre la necesidad de etiquetarlos como libre de PVC y ftalatos. Adicionalmente, queda el problema de los productos de plástico como juguetes, y recipientes que entran al país ilegalmente o que son de fabricación casera y vendidos en mercados o tianguis y que al no haber normatividad no es posible su control (Bustamante, 2007).

En México la regulación sanitaria en este tema es escasa. Realizando una revisión bibliográfica se encontró la NOM 090-STPS-1994. Higiene Industrial-Medio ambiente y laboral que solicita la determinación de DOP en aire por cromatografía de gases. Dicha revisión abarco el Listado de aditivos permitidos en alimentos 2012, la normatividad referente a la producción de plásticos y las de seguridad laboral.

Derivado de lo anterior el propósito de este estudio fue evaluar la concentración de los ftalatos de dialquilo en los alimentos que consumen con mayor frecuencia los niños que habitan en el Valle de Toluca, Estado de México, para si poder comparar

las concentraciones obtenidas con los patrones de dieta de los niños de áreas rurales con los de urbanas y establecer si existe un riesgo por exposición a ftalatos, dado el consumo de alimentos.

## JUSTIFICACIÓN

Los ftalatos están asociados con efectos nocivos a la salud como el deterioro en el desarrollo del sistema reproductivo masculino durante la fase de diferenciación sexual del feto; la disminución en el tiempo de gestación, reducción de la producción y calidad de semen en los hombres adultos. Mientras que en niños de 2 a 36 meses de edad se ha encontrado una asociación negativa entre la distancia anogenital, también se le ha asociado con el cáncer de mama y la obesidad. En México prevalecen dichos problemas reproductivos en general, el cáncer de mama y la obesidad son problemas de alto impacto en la salud pública que van en aumento, por lo que es importante conocer la presencia de los ftalatos en los alimentos, esto ayudara en su regulación, especialmente en los alimentos que ingieren los niños, lo que podría prevenir los daños disruptivos que su ingesta crónica conlleva, ya que son el grupo de riesgo más importante de las poblaciones humanas.

La toma de decisiones en los sectores de salud pública y gubernamentales, así como en la actualización de la normalización, requiere de información específica sobre concentraciones y tipos circulantes de los diferentes ftalatos presentes en diferentes fuentes de exposición especialmente las alimentarias.

Muchos países han decidido retirar de su producción industrial como en el caso de Alemania y Francia, no es el caso de México, donde se siguen sintetizando, lo que nos hace suponer que no existen elementos que avalen la movilidad de los ftalatos en el ambiente, especialmente en el sector alimentario.

## HIPÓTESIS

Si los alimentos que consume la población infantil del Valle de Toluca están contaminados con ftalatos de dialquilo (DEHP, DBP, DEP), a la Ingesta Diaria Tolerable (TDI), entonces de acuerdo con los hábitos alimenticios, los niños que viven en zonas urbanas tienen mayor probabilidad de presentar efectos adversos a la salud, que los de zonas rurales.

## OBJETIVOS

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la concentración de los ftalatos de dialquilo en los alimentos que consumen con mayor frecuencia la población infantil del Valle de Toluca, Estado de México, comparando las concentraciones obtenidas con los patrones de dieta de los niños de áreas rurales con los de urbanas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Analizar geográficamente la población infantil de la zona metropolitana del valle de Toluca.
- II. Seleccionar los alimentos de la canasta básica como fuentes de exposición de la población infantil del Valle de Toluca a ftalatos de dialquilo.
- III. Establecer una dieta típica de la población infantil rural y una dieta típica de la población urbana.
- IV. Realizar un plan de muestreo de la canasta básica para las poblaciones de áreas rurales y urbanas del Valle de Toluca.



- V. Estandarizar los métodos analíticos para la extracción, limpieza y cuantificación de ftalatos de dialquilo en las diferentes matrices alimentarias.
- VI. Determinar el contenido de ftalatos de dialquilo en las muestras de alimentos seleccionados.
- VII. Cálculo de la ingesta diaria de ftalatos por vía alimentaria.
- VIII. Elaborar un mapa de distribución de acuerdo con las concentraciones encontradas en las poblaciones de estudio para localizar a las poblaciones en riesgo.

#### **OBJETO DE ESTUDIO.**

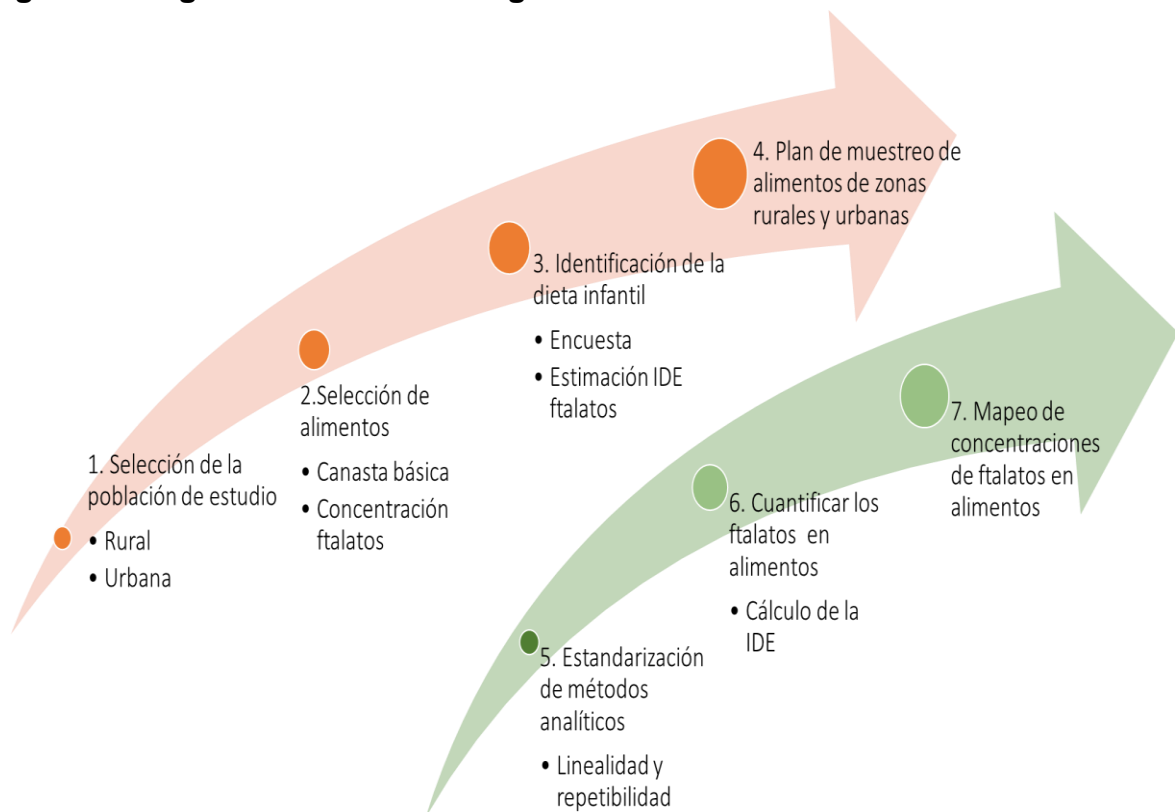
Se analizaron los alimentos que consumen los niños de zonas rural y urbana de la zona metropolitana del Valle de Toluca. La información sobre el consumo se obtuvo de encuestas aplicadas en el Valle de Toluca en los municipios de Almoloya de Juárez, Lerma, Metepec, Toluca, Zinacantepec.

## II. Metodología

## 2.1 Metodología

Para explicar cómo se cubrieron los objetivos planteados se presenta la figura 3, que presenta un diagrama de flujo de la metodología empleada.

**Figura 3. Diagrama de la Metodología**

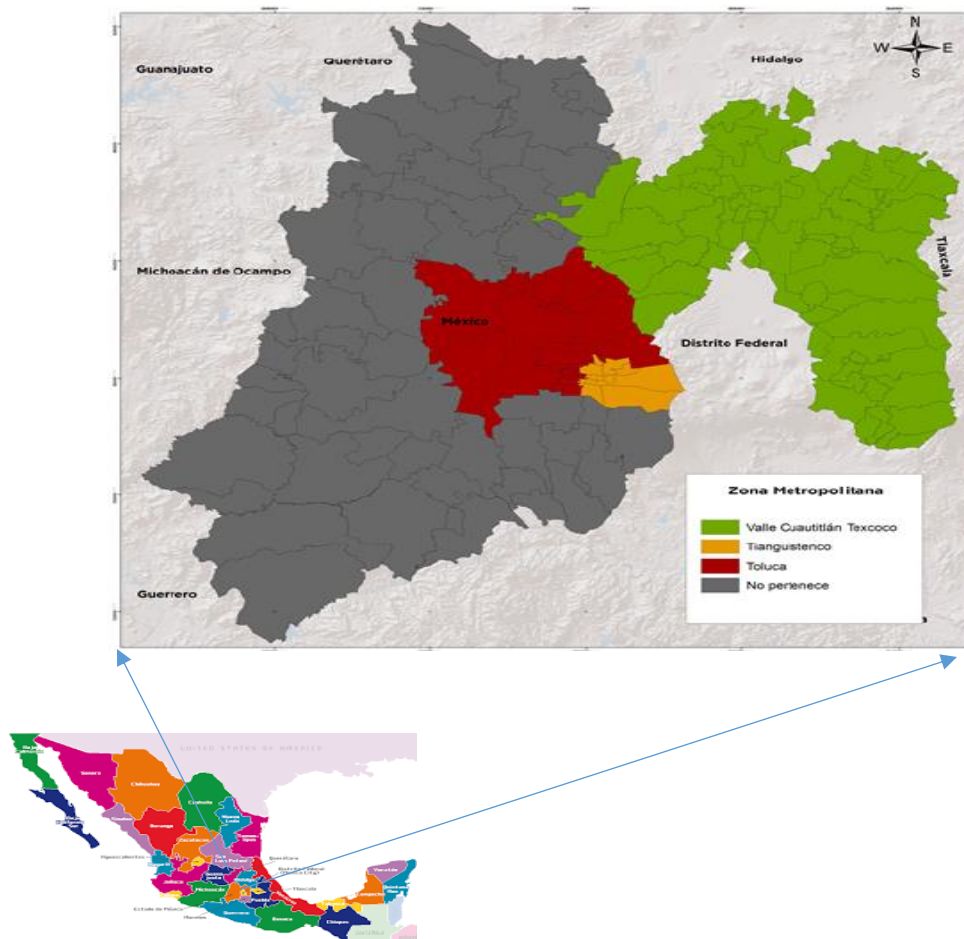


## 2.2 Selección de la población de estudio.

### 2.2.1 Sitio de Estudio.

El Estado de México es una región del centro de los Estados Unidos Mexicanos, es una de las zonas más altas de la llamada altiplanicie mexicana. Tiene una superficie de 22,499,95 Km<sup>2</sup> y de acuerdo con el censo del año 2000, cuenta con 13'083,359 habitantes, lo que lo coloca como la entidad más poblada del país. Limita al norte con Querétaro e Hidalgo, al sur con Morelos y Guerrero; al oeste con Michoacán, al este con Tlaxcala y Puebla, y rodea al Distrito Federal.

Figura 2. Zona Metropolitana del Valle de Toluca



Fuente: CONAPO [http://coespo.edomex.gob.mx/zonas\\_metropolitanas](http://coespo.edomex.gob.mx/zonas_metropolitanas)

### **2.2.2. Zona Metropolitana del Valle de Toluca**

Una zona metropolitana es el conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica. Se incluyen los municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y políticas urbanas de las zonas metropolitanas en cuestión. Este trabajo seleccionó la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) por ser la segunda más poblada del país. La ZMVT (2,116,506 habitantes) está conformada por 15 municipios de los cuales se seleccionaron los 5 con mayor población. Los cuales son Almoloya de Juárez (176237 habitantes), Lerma (146654 habitantes), Metepec (227827 habitantes), Toluca (873536 habitantes), Zinacantepec (188927 habitantes). (GOBIERNO DEL ESTADO MÉXICO, 2009).

### **2.2.3. Descripción de la población rural y urbana del valle de Toluca**

Bibliográficamente se analizó la población geográfica y demográfica del Estado de México, enfocándonos en la población infantil con la finalidad de establecer el tamaño de la muestra de estudio y los sitios de muestreo. Para este propósito se empleó la plataforma: [cuentame.inegi.org](http://cuentame.inegi.org) identificando en cada municipio de la ZMVT las comunidades urbanas y las rurales.

Para definir la edad de la población de estudio se empleó la información de María Eugenia Mansilla A (2000), que reporta según los criterios de la OMS, las consideraciones de edad para cada segmento de la población infantil. Tabla 7.

**Tabla 7. Etapas del desarrollo humano**

<b>Años</b>	<b>Periodo</b>	<b>Nombre</b>
0 - 2	Lactantes	Bebe
3 - 5	Primera Infancia	Infante
<b>6 - 12</b>	<b>Segunda Infancia</b>	<b>Niño</b>
13 >18	Pubertad	Puberto

---

(Mansilla A., 2014).

Se seleccionó el estrato de 6 a 12 años, que comprende la segunda infancia y son los llamados -niños-. (INEGI, Cuéntame, 2015).

### **2.3. Selección de alimentos**

Para calificar a los alimentos que consume la población infantil de la ZMVT se realizó el análisis de los que se encuentran registrados en la canasta básica mexicana (INPC, 2016), se tomaron los reportes de concentraciones de ftalatos en documentos científicos.

Se realizó el análisis de la canasta básica reportada para la población del Estado de México (ELINPC, 2016) y a las recomendaciones de la OMS (*WHO Child Growth Standards*, 2006), para que, de acuerdo a los estratos de edad y a los hábitos alimenticios de los niños del Valle de Toluca se seleccionaron los alimentos a estudiar, posteriormente se elaboró una encuesta para conocer los hábitos alimenticios de la población rural y urbana del Valle de Toluca y establecer con ello una dieta rural y otra urbana. Anexo I.

Para establecer las concentraciones de ftalatos en diferentes alimentos, se revisaron estudios de monitoreo de ftalatos de dialquilo en alimentos, desarrollo de metodologías analíticas y estudios epidemiológicos que mencionaron la presencia de estos compuestos a nivel mundial. La búsqueda incluyó manuscritos publicados entre 2001 y agosto del 2019 empleando las plataformas de Scopus, Mendeley y Google Scholar, buscando las palabras "Phthalates", "phthalates + food", "phthalates in food", "phthalates exposure".

#### **2.4. Identificación de la dieta infantil.**

Para conocer la dieta infantil de la ZMVT se elaboró un cuestionario basado en la canasta básica y las recomendaciones de alimentación de la OMS que mencionan 5 tiempos de alimentos desayuno, comida, cena y dos momentos de colación intermedios (ANEXO 1). El cuestionario el cual consta de tres apartados: una ficha de identificación y datos generales, consumo de 24 horas y frecuencia de consumo de alimentos basado en la canasta básica mexicana (CONEVAL, 2019).

El documento se presentó a la Secretaria de Educación Pública del Estado de México, al departamento de investigación educativa quienes sugirieron modificaciones al documento, las cuales se atendieron antes de ser presentado a los directores de las escuelas primarias, los cuales decidieron libremente apoyar o no la aplicación del cuestionario según el acuerdo número 717 del DOF: 07/03/2014.

El documento fue validado aplicándolo a 3 individuos a quienes se les solicitó su opinión general sobre la construcción de las preguntas, y su claridad, las observaciones que realizaron fueron atendidas. El cuestionario fue entregado al comité doctoral quienes realizaron los últimos comentarios antes de aplicar el cuestionario a la muestra calculada de niños.

Para la aplicación del cuestionario se realizó el cálculo de tamaño de muestra empleando la ecuación uno.

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1)+Z^2pq} \quad \text{ecuación 1}$$

Dónde:

N=tamaño de la población infantil de entre 6 a 12 años (284,503.8); Z=valor de Z crítico al 95% (1.96). d=nivel de precisión absoluta (0.05). p=proporción de la población que aceptara responder al cuestionario (0.5); q=proporción de la población que no aceptara responder al cuestionario (0.5). (Aguilar-Barojas, 2005; García García, et al., 2013), obteniendo un tamaño de muestra de n=384.

Para la aplicación de la encuesta, se realizó la gestión con los directivos de escuelas primarias seleccionadas en los municipios y zonas rurales o urbanas. El cuestionario se entregó a niños de entre 6 a 12 años que asisten a escuelas primarias ubicadas en los cinco municipios con mayor población de la ZMVT (Almoloya de Juárez, Metepec, Lerma, Toluca y Zinacantepec), con previa autorización de las autoridades escolares. A los niños se les explicó que el cuestionario debía ser contestado acompañado de sus padres por lo que se lo llevaron a casa y se recolectó en los siguientes días previo acuerdo con la dirección de la escuela primaria.

#### **2.4.1. Dieta de los niños mexicanos.**

A partir de los resultados de la encuesta, empleando los datos de recordatorio de consumo del día anterior para determinar la dieta de niños de zonas urbanas o rurales, se construyeron dietas para la zona rural y urbana, para lo cual se agruparon los alimentos en 6 grupos.

- a. Abarrotes Comestibles
- b. Aves y cárnicos



- c. Cereales y tubérculos
- d. Frutas verduras y hortalizas
- e. Pescados y mariscos
- f. Salchichonería y Lácteos

La categoría de abarrotes se dividió en abarrotes comestibles, grasas y salsas, empleando las características de otros estudios para su mejor análisis.

Las dietas se construyeron según los reportes considerando 3 alimentos consistentes y dos colaciones.

Con las frecuencias de consumo reportadas por los encuestados se seleccionaron los alimentos que contaban con frecuencias mayores al 10%.

#### **2.4.2 Elaboración de un plan de muestreo**

Con la información de la encuesta, se realizó selección de alimentos para ser muestreados. Se consideraron los siguientes parámetros para la selección de los alimentos:

1. Frecuencia de consumo
2. Alto contenido de grasa
3. Reporte bibliográfico de alto contenido de ftalatos
4. Alimentos empacados

Para discriminar los alimentos a ser muestreados, se elaboró una matriz de impacto. Se designaron los valores: 1- cuando el parámetro es positivo y 0- cuando el parámetro es negativo. La matriz se aplicó a los alimentos de las dietas rural y urbana. Los alimentos con una sumatoria de 3 y 4 fueron considerados para ser muestreados.

Los alimentos para muestrear se dividieron en alimentos empacados y no empacados y se elaboró un plan de muestreo (ANEXO 2) donde se definieron los siguientes puntos:

- a) La lista de alimentos a considerar
- b) El tamaño de la muestra
- c) Los sitios de muestreo

Se parámetros de control de calidad como

- a) Elaboración de formatos y registro de las muestras
- b) Calendario de muestreo
- c) Procedimientos de transporte y preservación de las muestras

Una vez cubierta toda la logística se realizó el muestreo

## **2.5 Estandarización de metodologías de extracción y limpieza**

Una vez que se decidieron las matrices a ser analizadas se realizó la selección y el montaje de técnicas analíticas para la extracción, limpieza y cuantificación de los ftalatos de diversas matrices alimenticias consumidas por poblaciones infantiles con alta calidad analítica.

### **2.5.1. Control de calidad.**

Con base en lo reportado por Fierens *et al.*, 2012; Schechter *et al.*, 2013; Van Holderbeke *et al.*, 2014; Cisneros *et al.*, 2016, se tomaron precauciones de control de calidad.

- a) Se evitó el uso de plástico, a excepción de las puntas de micropipeta.
- b) No se usaron guantes para la manipulación de las muestras
- c) Se procesaron blancos con cada lote de muestras
- d) Se dedicó un sistema de CG-MS exclusivo para ftalatos durante el análisis de las muestras. Con columnas cromatográficas exclusivas para este análisis.
- e) Al realizar las extracciones se evitó el uso de cosméticos y productos de cuidado personal aromáticos.

a. Lavado

Todos los materiales de vidrio o cerámica fueron lavados exhaustivamente con extrán ácido al 2% v/v preparado con agua destilada, ácido nítrico al 2% v/v, agua destilada y finalmente diclorometano grado HPLC. Los materiales de vidrio no volumétricos, de cerámica o metálicos fueron sometidos a 200°C. Para su almacenamiento se protegieron con papel aluminio.

El equipo utilizado para homogenizar las muestras se lavó con extrán y agua destilada, posteriormente se le dio un enjuague con diclorometano y se dejó secar antes de utilizarlo.

b. Pretratamiento de disolventes y reactivos

Todos los disolventes empleados fueron grado HPLC, sin embargo, fueron bidestilados (acetonitrilo, acetona, hexano y metanol) con un rotavapor.

Las sales sólidas fueron secadas por una noche a 250°C antes de usarlas.

## **2.5.2 Extracción de ftalatos de alimentos**

Las muestras fueron diluidas con estándares deuterados d4-DEP, d4-DBP y d4-DEHP. Y se extrajeron según las recomendaciones de (Fierens et al., 2012; Emma L. Bradley, et al., 2013) la limpieza se realizó según el método de García et al., 2019. La calibración del sistema se hizo con estándares Ultra Scientific y Sigma Aldrich. Los métodos de extracción se desarrollaron para cada matriz.

- a. Sólidos con alto contenido graso (pollo, res y pan dulce)
- b. Lácteos (leche, crema, yogurt)
- c. Grasas (aceites, sazónadores y frituras)
- d. Jugos

Los detalles del procedimiento de extracción de ftalatos de cada matriz se observan en la tabla 8.

**Tabla 8. Procedimientos de extracción de ftalatos de dialquilo de diversas matrices alimenticias.**

Procedimiento	Cárnicos y pan dulce	Lácteos	Grasas a) Aceites b) Otros	Jugos
Preparación de la muestra	Homogenización y cuarteo	Homogenización	Homogenización	Homogenización
Pesado	10 g	2.0 g	a) 0.1 g b) 0.5 g	3.0 g
Secado y aglomeración	1 g sulfato de sodio	0.5 g KCl 0.5 g MgSO <sub>4</sub>	0.5 g NaCl, 0.5 g MgSO <sub>4</sub>	0.5 g NaCl 0.5 g MgSO <sub>4</sub>
Estándar interno (deuterados)	30 µl	30 µl	30 µl	30 µl
Extracción con disolvente	Volumen de acetona-hexano (1:1v/v) 20 mL en la primera extracción se reduce a 10 mL para las repeticiones	Acetonitrilo 5 ml X 2	Diclorometano 5 ml x 2	Acetonitrilo 5 ml x 2
Agitación	Agitación Ultrasónica y manual	-Vórtex x 5 s -Agitador de cuna	-Ultra sonicación 10 min	-Vórtex x 5 s -Agitador de cuna
Tiempo de extracción	10 min	5 min X 2	10 min	5 min X 2
Separación	Centrifugación	Centrifugación 3000 rpm x 20 min	Centrifugación 2000 rpm x 20 min	Centrifugación 2000 rpm x 20 min
Secado	rotavapor	El sobrenadante se evapora con nitrógeno en un tubo cónico a 0.2 psi a 30°C	El sobrenadante se evapora con nitrógeno en un tubo cónico a 0.2 psi a 30°C	El sobrenadante se evapora con nitrógeno en un tubo cónico a 0.2 psi a 30°C
Redisolución	5 mL de acetonitrilo	1 ml de hexano	1 ml de hexano	1 ml de hexano
Limpieza	Congelación por 12hrs			
Separación	Decantado			
Aforo	1 ml Metanol	1 ml	1 ml	1 ml
Almacenaje ¿Cuánto tiempo? Antes del análisis	-70° C	-70° C	-70° C	-70° C

## **2.6 Cuantificación de ftalatos en los grupos de alimentos seleccionados**

Las muestras se adquirieron según el calendario de muestreo en los cinco municipios de la ZMVT, en los sitios descritos por los encuestados (carnicerías, pollerías, mercados y/o supermercados) y en las zonas rurales y urbanas de cada municipio. Se registró la ubicación geográfica del sitio de adquisición de cada muestra. Se adquirieron entre 500 y 1000 g de cada matriz en las condiciones en las que se expenden al público.

El transporte de las muestras al laboratorio se realizó en una hielera y en cuanto fue posible se congelaron entre -16 y -18°C hasta el día de su extracción.

### **2.6.1 Validación de los métodos analíticos para la determinación de ftalatos de alimentos**

Se evaluaron los parámetros de: especificidad del método, adecuabilidad o idoneidad del sistema cromatográfico, repetibilidad, linealidad, intervalo de trabajo, porcentaje de recobro, límites de detección y cuantificación. Se prepararon y analizaron muestras adicionadas de estándares nativos y estándares deuterados para cada matriz. Los parámetros de desempeño se evaluaron según los criterios de aceptación establecidos por el Colegio Nacional de Químicos Farmacéuticos Biólogos de México se mencionan en la tabla 9 considerando que las matrices son alimentos, heterogéneos y con análisis de trazas de contaminantes.

**Tabla 9. Parámetros de desempeño del método cromatográfico**

Parámetro de desempeño	Criterios de aceptación
Especificidad	$CV \leq 2$
Idoneidad del Método cromatográfico	$K' > 2$
	$T \leq 2$
	$R > 2$
	$CV \leq 2$
Repetibilidad	$CV \leq 23$
Linealidad	$r^2 \geq 0,98$
Intervalo de trabajo	recobro 70-110%
Límite de detección	$\geq$ nivel inferior del intervalo de trabajo
Límite de cuantificación	$\geq$ nivel inferior del intervalo de trabajo
Recuperación	70-110%

(citac/eurachem, 2002; colegio nacional de químicos farmacéuticos biólogos México, 2002).  
 CV=coeficiente de variación,  $k'$ =factor de Capacidad, T =factor de coleo, R=resolución,  $r^2$ =coeficiente de correlación.

Para evaluar la repetitividad del método se extrajeron los ftalatos DEP, DBP y DEHP adicionados a 10 gr de pechuga de pollo molida con piel, de una muestra sin adicionar se observó el área obtenida de cada pico a su respectivo tiempo de retención y se calculó la concentración de cada ftalato, así como la desviación estándar y su coeficiente de variación para 6 repeticiones de la misma muestra de carne de pollo.

Para evaluar los porcentajes de recuperación de cada ftalato, se adicionó una mezcla de DEP, DBP y DEHP nativos en concentraciones 0.2, 1, 2, 10  $\mu\text{g/ml}$  según lo reportado por Fierens, Servaes, et al., 2012; Schechter et al., 2013; Van Holderbeke et al., 2014, aunque fueron ajustadas incluyendo concentraciones de 20 y 40  $\mu\text{g/ml}$  después de realizar algunos ejercicios de cuantificación debido a que

se observaron algunas muestras en concentraciones mayores a las esperadas en algunas matrices. Se elaboraron muestras adicionadas, positivas y negativas, así como blancos por lote de trabajo.

## 2.6.2 Condiciones cromatográficas

La cuantificación de los ftalatos se realizó en el Laboratorio de Género Salud y Ambiente (LGSA) de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Se empleó un equipo Agilent, cromatógrafo de gases de modelo 6850 Network GC System y detector de masas modelo Mass Selective Detector 5973 Network. Una columna capilar RTX-5MS de la marca RESTEK de 30 m x 0.25 mm de grosor y 0.25  $\mu$ m de grosor de capa de fase estacionaria. Se empleó como Fase móvil hidrógeno UHP. Inyector 300°C Horno a 100°C por 4 minutos y de 100 a 250°C con rampa 10°C/min y de 250 a 300°C con una rampa de 18°C/min 300°C por 6 minutos. Inyección de 2  $\mu$ l. El detector EM voltaje 200; Rel= 1824; en modo Método del ion único (SIM), tabla 10.

**Tabla 10. Método SIM**

Ftalato	Iones de cuantificación m/z	Iones secundarios (identificación) m/z	Tiempo de retención (min)
d4-DEP	153	-	6.82
DEP	149	177 222	6.83
d4-DBP	153	-	11.06
DBP	149	223	11.068
d4-DEHP	153	-	15.92
DEHP	149	167 223 279	15.926

m/z relación masa carga.

Peng, 2014 afirmó que la contaminación cruzada durante el análisis en CG-MS disminuye considerablemente al realizar un lavado por triplicado con metanol previo cada inyección. En este trabajo, se observó que un lavado de columna con metanol y otro con hexano bidestilados entre cada muestra, eran adecuados.

## **2.7 Representación cartográfica del riesgo**

Posteriormente, con los índices de riesgo para la población por sitio de muestreo se elaboró un mapa cartográfico para su representación.

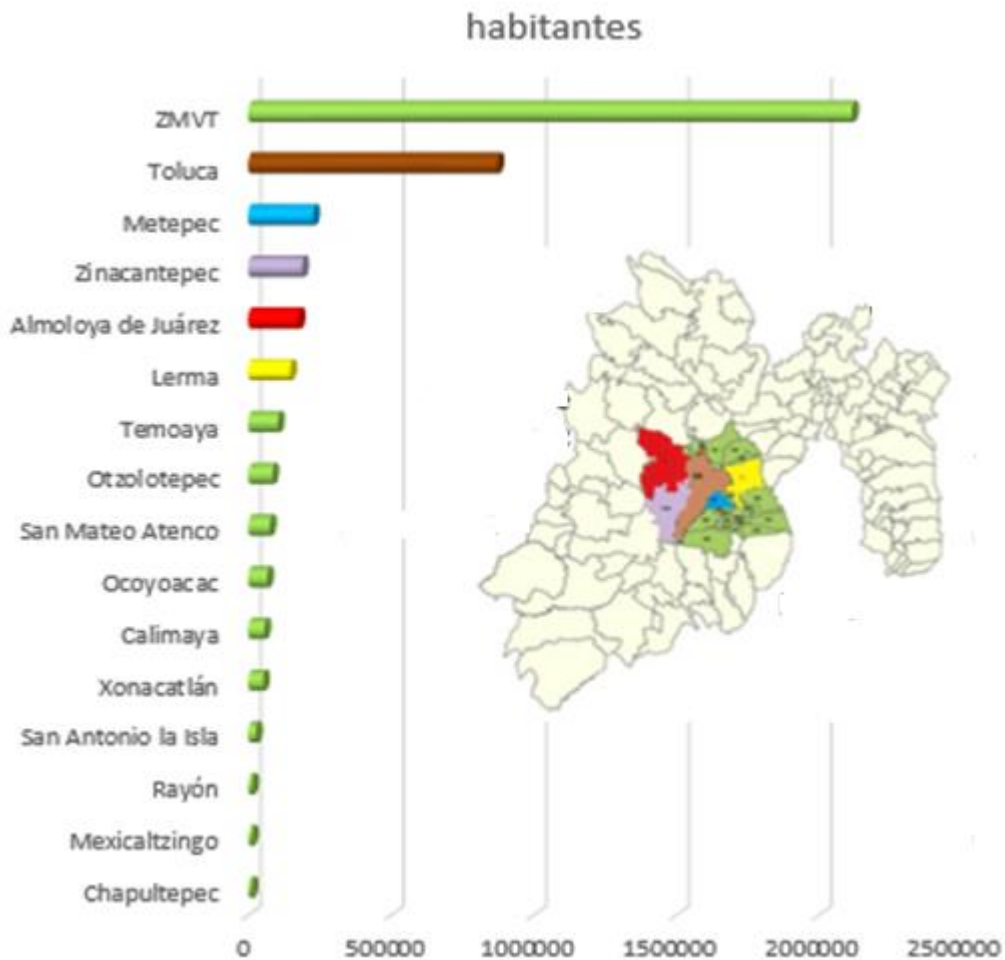


### III. Resultados y Discusión

### 3.1. Descripción de la población rural y urbana del Valle de Toluca

El Estado de México cuenta con 3 zonas metropolitanas, Valle Cuautitlán Texcoco, Tianguistenco y Toluca (figura 2). La zona metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) cuenta con 15 municipios (figura 4) de los cuales los más poblados son Almoloya de Juárez, Lerma, Metepec, Toluca y Zinacantepec. La población de estos cinco municipios contribuye con el 72.2% de la población del Estado de México. Cada uno de los municipios seleccionados cuentan con localidades rurales y urbanas, los cuales están bien localizados.

Figura 4. Población de los municipios del Valle Metropolitano de Toluca.



(elaborado con información de INEGI, 2015).

De acuerdo con el INEGI, una población se clasifica como rural o urbana dependiendo de su número de habitantes.

- a) Una población es rural cuando tiene menos de 2,500 habitantes.
- b) Una población urbana es aquella donde viven más de 2,500 personas.

Así, cada estrato de las poblaciones cuenta con características únicas que los definen cultural, económica, geográfica o gastronómicamente, (INEGI, 2010).

Se ubicaron las localidades rurales y urbanas, para identificar las escuelas que se encontraban en cada municipio (tabla 11).

**Tabla 11. Población y número de localidades rurales y urbanas en municipios de la ZMVT.**

Municipio	Población (Hab-2015)	Urbano	Rural	Localidades totales
Almoloya de Juárez	176,237	10	79	89
Lerma	146,654	10	47	57
Metepiec	227,827	12	8	20
Toluca	873,536	38	58	96
Zinacantepec	188,927	12	34	46
Total	1,613,181	82	226	308

Elaborado con información de (INEGI, 2015).

### **3.1.1 Población de estudio.**

De los 1,613,181 de habitantes de los cinco municipios del Estado de México seleccionados, se eligió la fracción de población de niños y niñas entre 6 a 12 años (tabla 7) que representan a individuos de la segunda infancia y en edad escolar (Mansilla A., 2014). Del total de niños que habitan el Estado de México, (2,831,372 niños y 2,705,396 niñas, INEGI, 2010), los niños de la segunda infancia equivalen al 19,97% de los niños y 19,02 de las niñas de la población infantil.

Al seleccionar los 5 municipios más habitados de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (Almoloya de Juárez, Lerma, Metepec, Toluca, Zinacantepec) se seleccionó al 9.96% de la población. Lo que representa una muestra del 1.93% de niños y 1.9% de niñas

### **3.2 Alimentos seleccionados y su concentración de ftalatos.**

Se identificaron los alimentos con reportes de contenido de ftalatos en varios países de América, Europa y Asia entre 2004 – 2018 en documentos científicos.

Los alimentos se organizaron según la canasta básica mexicana en 8 categorías las cuales se presentan en la tabla 12.

**Tabla 12. Alimentos de la canasta básica mexicana, con reportes de contenido de ftalatos en otros países.**

Categoría	Abreviación	Categoría	Alimentos
1	A	Abarrotes comestibles	Atún en aceite, café, cajeta, chiles jalapeños, puré de tomate, chocolate, huevo, concentrado de pollo, galletas, gelatina, sardina, té en sobres, agua embotellada, papitas fritas comerciales y refrescos.
2	AG	Aceites y grasas	Aceite, margarina, mantequilla, manteca,
3	AS	Aderezos y salsas	Mayonesa, mermelada, miel, mostaza
4	B	Aves y Cárnicos	Aves (pollo), carne de cerdo, carne de res
5	C	Cereales y tubérculos	Avena, hojuelas de maíz, arroz, frijol negro, garbanzo, haba, lenteja, Bolillo, pan de caja, pan de dulce, pasta, tortillas de maíz
6	D	Frutas, Verduras y hortalizas	Aguacate, guayaba, jícama, limón, manzana, naranja, papaya, plátano, sandía, toronja. Acelga, ajo, calabacita, cebolla blanca, chayote, chícharo vaina, chile poblano, chile serrano, cilantro, col blanca, ejote, espinaca, lechuga romana, jitomate, nopal, papa blanca, pepino, perejil, tomate verde, zanahoria.
7	E	Pescados y mariscos	Mojarra tilapia, sierra entera
8	F	Salchichonería y lácteos	Chorizo, jamón, salchichas, leche pasteurizada, queso, crema, yogurt

(INPC, 2017)

Los resultados de la búsqueda de ftalatos en alimentos reflejaron que uno de los ftalatos más encontrados a las más altas concentraciones fue el DEHP.

**Tabla 13. Concentraciones de los ocho ftalatos más reportados en alimentos por categoría.**

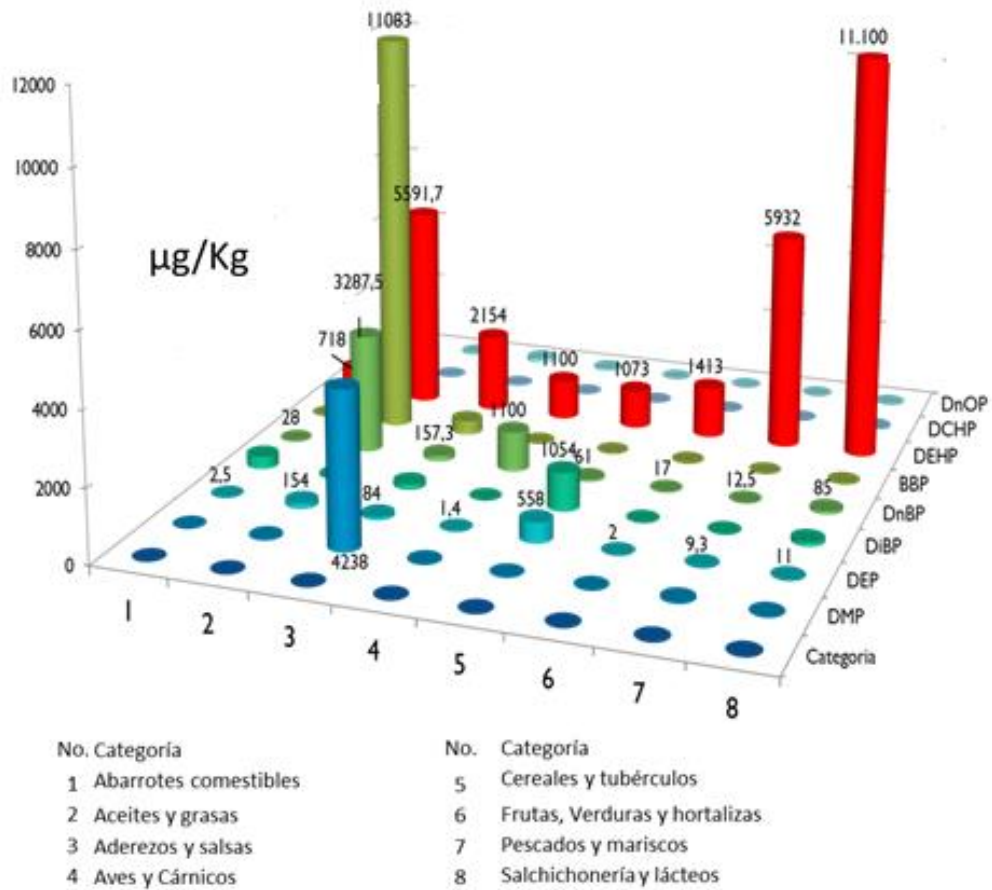
Categoría	Intervalo de Concentraciones encontradas mínima y máxima (µg/Kg)							
	DMP	DEP	DiBP	DnBP	BBP	DEHP	DCHP	DnOP
<b>Abarrotos comestibles</b>	ND-4.7	ND-2.5	ND-344.0	ND-28.0	ND-5.9	ND-718.0	ND-1.8	ND-2.6
<b>Aceites y grasas</b>	ND-32.0	ND-154.0	ND-53.0	ND-3287.5	ND-11083.0	ND-5591.7	ND-13.0	NIVEL BAJO
<b>Aderezos y salsas</b>	ND-4238	ND-84.0	ND-155.0	ND-157.3	ND-388.0	ND-2154.0	ND-2.8	ND-120.0
<b>Aves y Cárnicos</b>	ND-25.0	ND-1.4	0.1-9.7	ND-1100	ND-18.0	1.9 -1100	ND-2.0	ND-51.0
<b>Cereales y tubérculos</b>	ND-1.4	ND-558.0	ND-1054.0	ND-61.0	ND-14.0	ND-1073.0	ND-3.6,	ND-2.8
<b>Frutas, Verduras y hortalizas</b>	ND-4.6	ND-2.0	ND-13.0	ND-17.0	ND-26.0,	ND-14130	ND-0.5	ND-0.9
<b>Pescados y mariscos</b>	ND-43.0	ND-9.3	ND-13.0	ND-12.5	ND-8.0	ND-5932.0	ND-0.1	ND-0.8
<b>Salchichonería* y lácteos</b>	ND-11.7	ND-11.0	ND-116.0	ND- 85	ND-20.5	ND-11,100	ND-42.0	ND-5.7

(\*) En salchichonería además DiNP y DiDP < 50ug/kg. (ND) No detectado.

Tabla elaborada con información de: Casajuana y Lacorte 2004; Rhind y col., 2005; Cavaliere y col., 2008; Dickson y col., 2009; Colacino y col., 2010; Ostrovsky y col., 2011, Fierens y col., 2012a, Fierens y col., 2012b; Fierens y col., 2012c; Birnbaum y Schung 2013, Bradley y col., 2013, Schecter y col., 2013, Trasande y col., 2013, Serrano y col., 2014, Holderbeke y col., 2014, Chou y Wright 2016.

En la figura 5, se observa que las concentraciones mayores siempre fueron del DEHP en todas las categorías de alimentos, seguida del BBP.

**Figura 5. Ftalatos reportados en estudios en América, Europa y Asia en alimentos.**



Fuentes: Casajuana y Lacorte 2004; Rhind y col., 2005; Cavaliere y col., 2008; Dickson y col., 2009; Colacino y col., 2010; Ostrovsky y col., 2011, Fierens y col., 2012a, Fierens y col., 2012b; Fierens y col., 2012c; Birnbaum y Schung 2013, Bradley y col., 2013, Schecter y col., 2013, - Trasande y col., 2013, Serrano y col., 2014, Holderbeke y col., 2014, Chou y Wright 2016.

En la tabla 13 y en la figura 5 se presentan los ocho ftalatos más frecuentemente reportados en alimentos. En la categoría de salchichonería se observaron además los ftalatos di-isononil ftalato (DiNP) y di-isodecil ftalato (DiDP) en concentraciones

< 50ug/kg. El DEHP es el ftalato con las concentraciones más altas en todas las categorías, también es el más empleado mundialmente (Prada 2016), concentraciones mayores a 1000 µg/Kg (alta concentración) de este ftalato fueron reportados en todos los rubros. Los abarrotos comestibles presentaron altas concentraciones para DMP, DnBP, BBP y DEHP lo cual coincide con el hecho de que los alimentos de esta categoría están procesados. En la categoría de cárnicos el DEHP es el único ftalato que se menciona en todas las muestras de alimentos con un intervalo de concentración de 1.9 a 11,100 µg/Kg.

En los alimentos incluidos en el apartado de salchichonería y lácteos se observaron 7 coincidencias de resultados en el tipo de ftalato (DEHP) reportados en 9 publicaciones en 8 países diferentes (americanos y europeos), mientras que el rubro de las aves y los cárnicos (3 coincidencias de 3 estudios) tienen reporte de ftalatos en 6 países, especialmente en carne de res y de pollo; en los abarrotos comestibles (13 coincidencias de 6 estudios), están reportados en más de 6 países, en especial los alimentos con contenido graso, procesados, empacados y/o enlatados. El rubro de pescados y mariscos (sin coincidencias directas), en estudios realizados en 6 países. Verduras y hortalizas envasadas o empacadas en plástico y/o enlatados, hubo 2 coincidencias de los artículos revisados, datos obtenidos en 4 países. Los alimentos con menor frecuencia de reportes fueron las frutas, cereales, granos y semillas, aunque se reportó la presencia de ftalatos en frutas enlatadas y granos y semillas procesadas.

### **3.3 La dieta infantil rural y urbana.**

La dieta es el conjunto de alimentos y platillos que se consumen cada día, y constituye la unidad de la alimentación (DOF., Congreso *et al.*, 2007). Un plan de alimentación o dieta correcta es aquella que es completa (incluye todos los grupos de alimentos), equilibrada (las porciones son adecuadas a la edad y talla del individuo), inocua, suficiente, variada y adecuada (DOF., Congreso *et al.*, 2007).



El término inocuo nos indica que el alimento no es dañino para quien lo consume y nos lleva a observar los componentes individuales de la dieta. Existen otros términos como la seguridad alimentaria, seguridad alimentaria y seguridad nutricional.

La Escala Mexicana de Seguridad Alimentaria, mide la percepción respecto al acceso a alimentos variados, nutritivos y suficientes, así como experiencias de hambre; esta información se complementa con indicadores que permitan conocer la cantidad de los alimentos consumidos (FAO, Sagarpa, Sedesol, CONEVAL e INSP, 2012; Académico *et al.*, 2018). Existe seguridad alimentaria (Química., 2016) cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana (FAO, 1996).

La seguridad nutricional se traduce en un consumo de alimentos ricos en nutrientes en variedades y cantidades suficientes y el aprovechamiento efectivo de esos nutrientes (Shamah y Rivera, 2016). Para conocer en un principio los componentes de la alimentación infantil de la ZMVT se elaboró un cuestionario de nutrición infantil. Los detalles se presentan en el artículo publicado (Anexo 3).

### **3.3.1 Dieta urbana**

Para establecer la dieta urbana, se graficaron las frecuencias de consumo de los alimentos que los encuestados reportaron a la pregunta ¿qué desayunaste ayer?, cada alimento fue asignado con una clave. Los alimentos que se mencionan en la tabla 16 son los que los niños de las zonas urbanas reportaron consumir, las porciones consumidas diariamente y los porcentajes de consumo se reportan también.

Tabla 14. Alimentos que consumen los niños de las zonas urbanas.

Alimento	Porción	Porcentaje de consumo
Desayuno		
1. Leche pasteurizada	250 mL	69.5
2. Frutas (plátano, manzana)	1 pieza o 1 plato o en licuado	40.1
3. Pan dulce	1 pieza	30.5
4. Huevo	2 piezas	19.3
5.1 Cereal en hojuelas	100g	17.3
5. 2. Pan de caja (sándwich)	2 rebanadas	13.2
5.3. Tortilla (taco)	2 piezas	11.7
Colación I		
6. Fruta (manzana, mango, plátano, naranja, melón)	Pieza o 1plato o 1 jugo	26.4 a 75.1*
7. Agua	250 mL	24.9
8. 1. Tortilla (taco)	2 piezas	9.6
8.2. Bolillo (torta)	1 pieza	8.6
Comida		
9. Verduras (tomate verde, papa, nopales, jitomate, lechuga)	1 plato una sola o en mezcla	76.1
10. Tortillas	3 piezas	45.7

Alimento	Porción	Porcentaje de consumo
11.1. Pasta	1 plato	34.5
11.2 Arroz	1 plato	17.3
12.1. Pollo	1 a 2 piezas	33.0
12.2. Carne de Res	1 pedazo	18.8
13. Agua	300 mL	27.4
14. Frijoles negros	200g	12.7
Colación 2 (70% la consume)		
15. Fruta (manzana, mango)	1 pieza o 1 plato	21.4
16. Yogurt	1 vaso (1 pieza)	7.6
17. Agua	500 mL	5.6
Cena	Porción	% de consumo
18. Leche Pasteurizada	250 mL	49.7
19.1 Bolillo (o torta)	1 pieza	26.9
19.2 Tortilla (o taco)	1 pieza	16.2
19.3 Pan Dulce	1 pieza	11.7
19.4 Cereal de maíz en hojuela	1 tazón	12.2
20. Te	250 mL	8.1
Otros (73.41 de los niños las consumen)		
21. Dulces	2 piezas	27.4

Alimento	Porción	Porcentaje de consumo
22. Refresco	De 250 a 1500 mL	21.3
23. Papas comerciales	1 bolsa	18.3
24. Chocolate	1 barra o 1 paleta	6.1
25. Helado	1 vaso o 2 cucharadas	4.6

Nota: Las porciones son al día.

Se observó que los niños no consumen alimentos de igual manera, por lo que se proponen dos dietas una de ellas la que llamamos austera y otra a la que llamamos completa.

Las dietas construidas a partir de los cuestionarios de nutrición infantil se presentan en la tabla 14 y 15. La dieta completa incluye 5 tiempos de ingestión de alimentos con 25 diferentes tipos de alimentos.

**Tabla 15. Dieta Urbana I (austera)**

Grupo	Alimento	Porción
A	Pan dulce	1 pieza
A	Huevo	2 piezas
A	Bolillo	1 pieza
A	Tortillas	3 piezas
A	Pasta	1 plato
A	Agua	1000 mL
A	Dulces	2 piezas
A	Refresco	500 mL
A	Papas comerciales	1 bolsa
B	Pollo	1 a 2 piezas
D	Frutas (plátano, manzana, mango, melón, naranja)	2 pieza o 2 platos
D	Fruta (manzana, mango, naranja)	1 jugo
D	Verduras (tomate verde, papa, nopales, jitomate, lechuga)	1 plato
F	Leche pasteurizada	500 mL

Nota: Las porciones son al día.

La dieta austera urbana contiene 14 tipos de alimentos de 4 grupos alimenticios principalmente abarrotes, cárnicos, frutas y verduras y lácteos.

La dieta completa contiene 17 tipos de alimentos de 5 grupos alimenticios principalmente abarrotes, cárnicos, cereales, frutas y verduras y lácteos.

### 3.3.2 Dieta rural

En cada momento de ingesta se presentan los porcentajes de consumo de cada alimento. Para establecer la dieta urbana, se graficaron las frecuencias de consumo de los alimentos que los encuestados reportaron a la pregunta ¿qué comiste ayer?,

cada alimento fue asignado con una clave. Los alimentos que se mencionan en la tabla 16 son los que los niños de las zonas urbanas reportaron consumir, las porciones consumidas diariamente y los porcentajes de consumo se reportan también.

**Tabla 16. Dieta Urbana II (completa).**

Grupo	Alimento	Porción
A	Pan dulce	1 pieza
A	Pan de caja (sándwich)	2 rebanadas
A	Bolillo (torta)	2 piezas
A	Huevo	2 piezas
A	Tortillas	3 piezas
A	Pasta	1 plato
A	Agua	1000 mL
A	Dulces	2 piezas
A	Refresco	De 250 a 1500 mL
A	Papas comerciales	1 bolsa
B	Pollo	1 a 2 piezas
C	Frijoles negros	200g
D	Frutas (plátano, manzana, naranja, melón)	2 piezas o 2 platos
D	Fruta (manzana, mango, naranja)	1 jugo
D	Verduras (tomate verde, papa, nopales, jitomate, lechuga)	1 plato una sola o en mezcla
F	Leche pasteurizada	500 mL
F	Yogurt	1 vaso (1 pieza)

Las porciones son al día.

**Tabla 17. Alimentos que consumen los niños de las zonas rurales.**

Alimento	Porción	Porcentaje de consumo
Desayuno		
1. Leche pasteurizada	250 mL	79.5
2.1. Pan dulce	1 pieza	85
2.2. tortilla (taco)	2	15.4
2.3 cereal en hojuelas	50g	12.8
3. Frutas (plátano)	1 pieza o 1 plato	23
Colación I		
4. Fruta (manzana)	1 pieza o 1plato	94.9
5. Tortilla (taco)	1pieza	62.4
6. Agua	250 mL	62.4
Comida		
7.1. Pollo	1 a 2 piezas	28.6
7.2. Res	1 o 2 trozos	12
8. Tortillas	3 piezas	28.0
9. Pasta	1 plato	27.4
10. Verduras (nopales)	100 gr o 1 plato	18.8
11. Agua	350 mL	16.2
Colación 2 (45.3% de los niños)		
Alimento	Porción	% de consumo
12. Frutas (plátano, naranja)	1 pieza o 1 plato	21.4
13. Agua	300 mL	8.5
Cena		

Alimento	Porción	Porcentaje de consumo
14.1. Tortilla (taco)	3 piezas	23.1
14.2. Bolillo	1 pieza	21.4
15. Pollo	1 pieza	10.3
Otros (el 93.2% de los niños los consumen alguno)		
16. Dulces	1 pieza	33.3
17. Refresco	250 mL	20.5
18. Papitas	1 bolsa	17.9
19. Helado	100gr	6.8
20. Yogurt	1 vaso (1 pieza)	4.3

Las porciones son al día.

Por otro lado, en las zonas rurales se consumen 20 tipos de alimentos en 5 tiempos de alimentación, aunque en general son menos rigurosos que en las zonas urbanas.

La dieta austera mostró un consumo de 11 diferentes tipos de alimentos de 4 categorías, siendo abarrotos la más consumida y en menor frecuencia el consumo de al menos una proporción de verduras y de carne de res.



**Tabla 18. Dieta Rural I (austera)**

Grupo	Alimento	Porción
A	Tortilla (taco)	7pieza
A	Pasta	1 plato
A	Agua	250 mL
A	Dulces	1 pieza
A	Refresco	250 mL
A	Papitas	1 bolsa
A	Pan dulce	1 pieza
A	Bolillo	1 pieza
B	Pollo	2 piezas
D	Fruta (manzana, plátano, naranja)	2 piezas o 2 platos
F	Leche pasteurizada	250 mL

La porción del alimento es diaria.

La dieta rural completa presentó 13 alimentos diferentes de 4 grupos alimenticios, de nuevo los abarros fueron las categorías más consumidas, seguido de cárnicos, frutas y verduras y finalmente lácteos.

**Tabla 19. Dieta Rural II (Completa)**

Grupo	Alimento	Porción
A	Pasta	1 plato
A	Agua	900 mL
A	Tortilla	7 piezas
A	Bolillo	1 pieza
A	Pan dulce	1 pieza
A	Dulces	1 pieza
A	Refresco	250 mL
A	Papitas	1 bolsa
B	Pollo	2 piezas
B	Res	1 o 2 trozos
D	Frutas (plátano, manzana, naranja)	3 piezas o 3 platos
D	Verduras (nopales)	100 gr o 1 plato
F	Leche pasteurizada	250 mL

La porción del alimento es diaria.

Con los datos de la ingesta diaria de alimentos completa se estableció la ingesta estimada de ftalatos en las dietas empleando concentraciones de ftalatos reportados entre 2010 y 2018. Estos resultados pueden verse completos en el anexo 1.

Figura 6. Portada de artículo científico publicado.

13/11/2020 Phthalates in the diet of Mexican children of school age. Risk analysis - ScienceDirect



 Download

---

Toxicology Reports  
Volume 7, 2020, Pages 1487-1494

---

**Phthalates in the diet of Mexican children of school age. Risk analysis**

María Magdalena García-Fabila <sup>a,1</sup> , Araceli Amaya Chávez <sup>a,1</sup> , Juan Carlos Sánchez Meza <sup>a,1</sup> , Lilia Patricia Bustamante Montes <sup>b,1</sup> , Alicia Reyes García <sup>a,1</sup> 

Show more 

 Outline |  Share  Cite

---

<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.10.020> Get rights and content

Under a Creative Commons license open access

---

Abstract View PDF

Phthalates are widely used as plasticizers, additives, or solvents. Its extensive use has generated environmental and food contamination, which implies continuous population exposure. The aim of this work was to determine the probability of health risk of Mexican children exposed to phthalates through the consumption of contaminated food. A survey was applied to 384 Mexican school-age children (between 6 and 12 years old), to find out the type of food they eat most frequently, based on this, a research was made to know the concentration of phthalates contained in these foods. The daily intake had been calculated with the concentration of phthalates reported in food, obtaining: DEHP (19.50 µg/kg body weight/day), DnBP (5.52 µg/kg body weight/day) y for DEP (1.12 µg/kg body weight/day). The hazard index (HI) for DEP y DEHP was 0.49 to 42.5 for internal organs damage reported. HI for reproductive health damage due to exposure to DnBT and DEHP was of 0.04 to 5.58, so that there is a high probability that children's health is at risk. Therefore, it is necessary to a quantitative analysis of phthalates in food consumed in Latin American countries and establish the TDI of phthalates especially, to DEHP, which was obtained the higher HI.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214750020304285#abs005> 1/27

María Magdalena García-Fabila, Araceli Amaya Chávez, Juan Carlos Sánchez Meza, Lilia Patricia Bustamante Montes, Alicia Reyes García. Phthalates in the diet of Mexican children of school age. Risk analysis. Toxicology Reports, Volume 7, 2020, Pages 1487-1494.

ISSN 2214-7500, <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.10.020>.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214750020304285>)

El documento publicado integra los puntos 1 al 4 y el 6 del protocolo de investigación.

Después de identificar los alimentos que más consumen los niños de 6 a 12 años de la ZMVT se planeó un muestreo que se describe a continuación.

### 3.4 Muestreo de alimentos seleccionados

Se seccionaron los datos presentados en las tablas 19 y 20 considerando el número de municipios. Los alimentos perecederos como el pan y los cárnicos se adquirieron en establecimientos de las zonas rurales y urbanas de cada municipio.

Las matrices de impacto se elaboraron con los resultados de la encuesta para alimentos seleccionados en la zona urbana y en la zona rural y se presentan en las tablas 19 y 20.

**Tabla 20. Matriz de impacto de Alimentos seleccionados para la zona urbana**

Grupo	Alimento	Porción	Frecuencia consumo	contenido de grasa	empacado	Reporte de alto contenido de ftalatos	suma
A	Pan dulce	1 pieza	1	1	0	1	3
A	Pan de caja (sándwich)	2 rebanadas	1	0	1	0	2
A	Bolillo (torta)	2 piezas	1	0	0	0	1
A	Huevo	2 piezas	1	0	0	0	1
A	Tortillas	3 piezas	1	0	0	0	1
A	Pasta	1 plato	1	0	1	0	2
A	Agua	1000 mL	1	0	1	0	2
B	Pollo	1 a 2 piezas	1	1	0	1	3
C	Frijoles negros	200g	1	0	0	0	1
D	Frutas (plátano, manzana, naranja, melón)	2 piezas o 2 platos	1	0	0	0	1
D	Fruta (manzana, mango, naranja)	1 jugo	1	0	1	1	3
D	Verduras (tomate verde, papa, nopales, jitomate, lechuga)	1 plato una sola o en mezcla	1	0	0	0	1
F	Leche pasteurizada	500 mL	1	1	1	1	4
F	Yogurt	1 vaso (1 pieza)	1	1	1	1	4
A	Dulces	2 piezas	1	0	1	0	2
A	Refresco	500 mL	1	0	1	0	2
A	Papas comerciales	1 bolsa	1	1	1	1	4

**Tabla 21. Matriz de impacto de Alimentos seleccionados para la zona rural**

Grupo	Alimento	porción	Frecuencia consumo	contenido de grasa	empacado	Reporte alto contenido de ftalatos	Suma
A	Pasta	1 plato	1	0	1	0	2
A	Agua	900 mL	1	0	1	0	2
A	Tortilla	7 piezas	1	0	0	0	1
A	Bolillo	1 pieza	1	0	0	0	1
A	Pan dulce	1 pieza	1	1	0	1	3
B	Pollo	2 piezas	1	1	0	1	3
B	Res	1 o 2 trozos	1	1	0	1	3
D	Frutas (plátano, manzana, naranja)	3 piezas o 3 platos	1	0	0	0	1
D	Verduras (nopales)	100 gr o 1 plato	1	0	0	0	1
F	Leche pasteurizada	250 mL	1	1	1	1	4
A	Dulces	1 pieza	1	0	1	0	2
A	Refresco	250 mL	1	0	1	0	2
A	Papitas	1 bolsa	1	1	1	1	4

Los productos no perecederos se adquirieron en supermercados de Toluca ya que estos se distribuyen en todo el estado e incluso en el país. Se cuidó que las fechas de caducidad no estuviesen vencidas y se transportaron los alimentos en refrigeración hacia el laboratorio de análisis donde se congelaron a  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta su extracción, la cual se realizó dentro de las siguientes 48 horas para evitar el deterioro de las muestras. En la tabla 22 se observa los alimentos muestreados para su análisis, el número de muestras de cada matriz y el contenido de grasa reportado.

A cada alimento se le asignó una clave para su manejo. Los alimentos empacados como los lácteos, aceites, jugos y frituras fueron adquiridos en tiendas y

supermercados de la ciudad de Toluca, ya que estos tienen una distribución generalizada en todo el país.

**Tabla 22. Alimentos muestreados**

Grupo alimenticio	Alimento	n	Contenido graso (g de grasa por cada 100g) *
Abarrotes A	Aceites	3	100
	Frituras	4	33.3
	Salsas	1	0
	Sazonadores	2	11.8
Cárnicos B	Pollo	11	9.7
	Res	11	8.8
Cereales C	Pan Dulce	11	11.6
Frutas y verduras D	Jugos de fruta procesados	2	0
Lácteos F	Leche	4	2.7 a 3.2
	Yogurt	4	2.2 a 3.1
	Crema	2	25

n= número de marcas o sitios de muestreo.

\*El contenido de grasa se obtuvo de lo reportado en los empaques y del Laboratorio Nacional de Protección al consumidor PROFECO, 2008; Gaspar *et al.*, 2012 y BEDCA, 2020.

Se revisó el contenido de grasa de cada matriz para establecer mejores condiciones de extracción.

### 3.5 Extracción y limpieza de ftalatos en alimentos

Los alimentos muestreados fueron trasladados al laboratorio de Análisis Instrumental en una hielera forrada con aluminio y almacenadas en congelación hasta el momento de su análisis, el cual no rebaso de las 24 horas desde su

adquisición. Los extractos fueron almacenados en viales ámbar de 2 ml a -18°C hasta ser transportados al laboratorio de análisis. Los análisis del contenido de ftalatos en las diferentes matrices se realizaron en el laboratorio de Salud Genero y Ambiente de la Facultad de Medicina de San Luis Potosí.

### **3.6 Método cromatográfico para analizar ftalatos.**

Durante el montaje del método cromatográfico, se evaluaron los parámetros de adecuabilidad, repetibilidad y linealidad, estos parámetros se evaluaron con extractos adicionados en las diferentes matrices analizadas.

De acuerdo con los resultados que se muestran ven la tabla 23, se puede asegurar que el método utilizado es lineal para DEHP, DBP y DEP, además de ser repetible y específico la cual se revisó con los tiempos de retención los cuales son únicos para los analitos de interés. Los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) se calcularon en función de las concentraciones de blancos positivos.



**Tabla 23. Parámetros de aceptación y criterios para realizar el análisis de los ftalatos.**

Parámetro validación	DEP	DBP	DEHP	Criterio aceptación*
Tiempo de retención (tr)	6.4	11.25	15.98	-
Factor de capacidad (k')	2.15	3.75	5.33	Mayor igual a 2
Factor de coleo (T)	0.25	0.24	0.25	Menor a 2
Resolución (R)	2.91	3	2.79	Mayor igual a 2
Coefficiente de variación (CV%)	0.22	0.16	0.03	Menor a 2
Ecuación de la curva	$y=4.772x+1.323$	$y=1.357x+3.630$	$y=1.058+1.7712$	-
Coefficiente de correlación $r^2$	0.994	0.985	0.983	Mayor a 0.98
Límite de detección ( $\mu\text{g/Kg}$ )	0.005	0.001	0.002	
Límite de cuantificación ( $\mu\text{g/Kg}$ )	0.013	0.002	0.052	Menor o igual al nivel inferior estimado en el intervalo de trabajo
Precisión CV	11.01	12.02	8.64	Menor igual a 20%

\*(CITAC/Eurachem, 2002; COLEGIO NACIONAL DE QUÍMICOS FARMACÉUTICOS BIÓLOGOS MÉXICO, 2002)

Los límites de detección y cuantificación reportadas fueron calculados según las guías de validación para métodos cromatográficos (CITAC/Eurachem, 2002; Colegio Nacional de Químicos Farmacéuticos Biólogos México, 2002). Para la

especificidad y adecuabilidad se realizaron 7 inyecciones de una mezcla de ftalatos (DEHP, DBP y DEP).

Los parámetros de adecuabilidad del sistema, que son: factor de capacidad (K'), factor de coleo (T) y resolución (R); están dentro de los criterios de aceptación sugeridos por el CNQFB de México.

Tabla 24. Porcentajes de recuperación de ftalatos para cada matriz alimentaria

Matriz alimentaria	%R (CV%)		
	DEP	DBP	DEHP
Cárnicos y Cereales	40 (22)	70 (10)	99 (19)
Lácteos y jugos	116 (21)	70 (23)	88 (9)
Grasas	85 (20)	95 (18)	122 (21)

%R=Porcentaje de recobro, CV=coeficiente de variación.

El sistema cromatográfico fue específico, preciso y lineal. Los métodos de extracción de ftalatos presentaron porcentajes de recobro que se calcularon a partir de la adición de los estándares nativos y deuterados subrogados a matrices de carne de pollo, yogurt y frituras para las matrices alimentarias de cárnicos y cereales, lácteos y jugos y grasas respectivamente.

El DBP y DEHP fueron los mejor calificados con valores de %R aceptables entre 70 y 110%, excepto para el DEHP en las grasas. El DEP sin embargo solo cumplió los criterios en las grasas. En todos los casos los coeficientes de variación (CV) fueron menor a 23%. Los límites de detección se calcularon a partir de blancos de reactivos y se sometieron a todos los procesos de la extracción. Fue necesario realizar limpiezas exhaustivas de la columna entre cada lote de 10 muestras empleando inyecciones de metanol y hexano bidestilados.

Las características de bajo peso molecular y poca lipofiliidad del DEP pueden ser las razones de sus bajos rendimientos en cárnicos y cereales ya que esta matriz presenta alto contenido de sólidos no solubles que podrían retener al analito.

Todas las muestras fueron pesadas en balanza analítica para su análisis. En el caso de las matrices con alto contenido de grasas como la crema (25%), aceites vegetales (100%) y frituras (33%) las concentraciones se reportaron dado el contenido de grasa de las muestras, el resto de las matrices con concentraciones de grasa entre 11.8 y 0 %, se reportan con respecto a su masa fresca.

### **3.7 Determinación de ftalatos en alimentos.**

Las marcas y los sitios de muestreo se seleccionaron según las respuestas de los niños encuestados. Se analizaron 10 comunidades rurales y 10 comunidades urbanas de la ZMVT. Las muestras de los productos perecederos como los cárnicos se realizaron en la matriz cruda y en el caso del pan dulce, se analizaron tal cual se vendían al público.

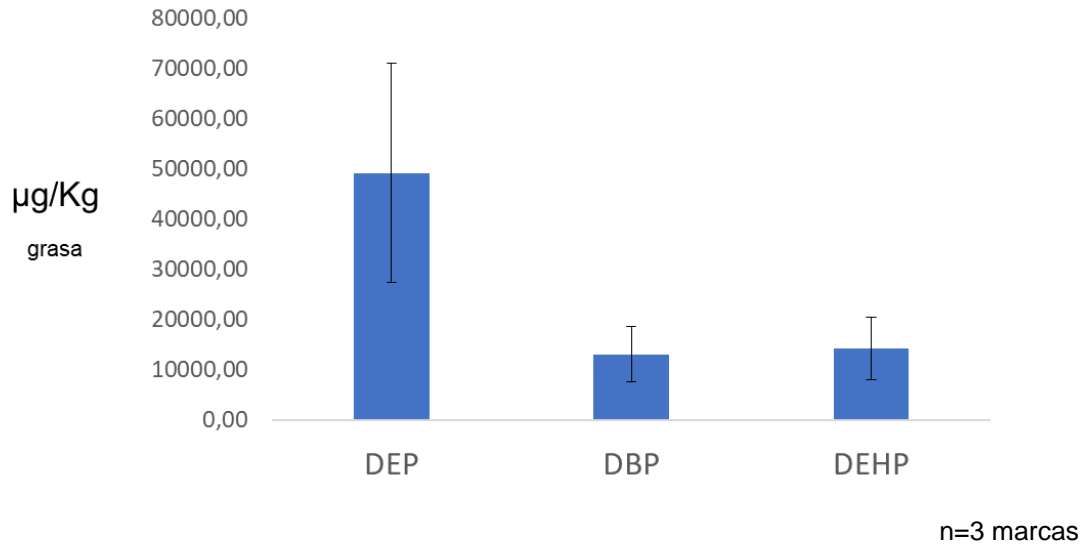
El contenido graso de las matrices analizadas se presenta en la tabla 21. El contenido de ftalatos se expresa en masa fresca y en el caso de los alimentos de alto contenido graso como los aceites, frituras, crema de leche, sazonadores, pan dulce, carne de pollo y carne de res los contenidos de ftalatos se reportan en relación con el contenido de grasa y en masa fresca.

#### **3.7.1 Alimentos con alto contenido graso**

Se analizaron los aceites vegetales más empleados para cocinar reportados por los encuestados en la ZMVT se seleccionaron tres marcas, de las cuales las fábricas se encuentran en el Estado de México, Ciudad de México y Monterrey. Los valores de DEP son los máximos observados en algún alimento analizado y llegan hasta

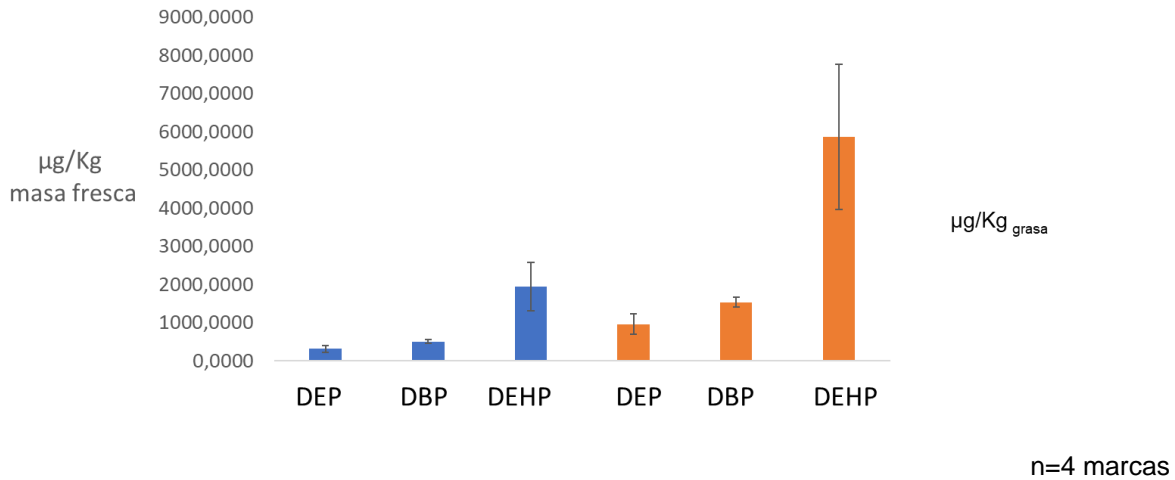
los 5 mg/Kg mientras que el DEHP se encuentra alrededor de los 1.5 mg/Kg y el DBP alrededor de los 1.2 mg/Kg de grasa. Aunque dada la afinidad de los ftalatos por los compuestos grasos es posible que su presencia deba a que durante el proceso de fabricación del aceite vegetal este se encuentre en contacto con diversos plásticos, además el empaque de todas las muestras adquiridas fue una botella plástica. La cantidad de aceite que los niños ingieren varía dependiendo de la forma en la que se preparan los alimentos, aunque sus alimentos favoritos según reportaron son los fritos. La revisión publicada por Serrano en 2014 reportó concentraciones máximas de DEHP de 4131.1-1300 µg/kg en aceites y mantequillas una relación de 0.4 a 1.1 veces los valores obtenidos en este estudio; para DBP y BBzP entre 3287.5-11083 µg/kg, lo que es 0.4 a 0.1 veces el valor obtenido en este estudio y en cuanto al DEP este fue reportado por Fierens en 2012 entre 550 y 1827 µg/kg, que comparado con este estudio es 2.7 veces menor al obtenido.

**Figura 7. Análisis de ftalatos en aceites para cocinar de la ZMVT**



Las frituras comerciales fueron otros de los alimentos analizados con un alto contenido de grasa, con un promedio del 33.3% de grasa en peso. Se analizaron 4 tipos de frituras de maíz, papa o de harina de trigo, el resultado se muestra en masa fresca o en  $\mu\text{g}/\text{Kg}_{\text{grasa}}$ . El consumo que los niños de las zonas rurales y urbanas reportaron fue constante, al menos 50 g diarios y mayor en la zona urbana. Son pocos los estudios que reportan el contenido de ftalatos en frituras, sin embargo Isao Saito en 2002, reporto el contenido de ftalatos en alimentos fritos en Japón reportando valores de 14.1 y 1,116.0 ppb de DBP y DEHP, este estudio no menciona el tipo de aceites empleados y dado que los alimentos no son similares los resultados no pueden ser comparables.

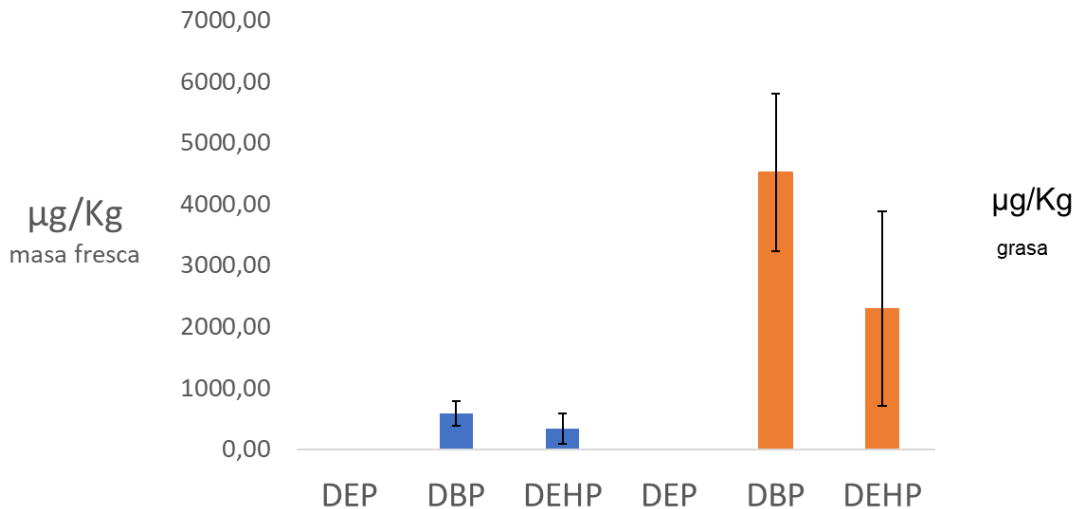
**Figura 8. Análisis de ftalatos en frituras adquiridas en la ZMVT**



Entre los alimentos que se reportaron en la encuesta de consumo como de uso diario para preparar alimentos, aparecen los sazonadores, especialmente los que tienen sabor a pollo, el instituto nacional del consumidor, ha reportado que sus ingredientes principales son sal yodada, azúcar, fécula de maíz, glutamato monosódico, proteína vegetal hidrolizada, grasa de res, carne y grasa de pollo, cebolla, extracto de levadura, dióxido de silicio, ajo, agua, perejil, ácido cítrico, inosinato disódico, pimienta, colorante natural (achiote) y colorantes artificiales (amarillo 5 – tartrazina) y amarillo 6 (amarillo ocajo). Se analizaron las dos marcas más consumidas en la ZMVT. Los resultados se reportan en masa fresca como en  $\mu\text{g}/\text{Kg}_{\text{grasa}}$  en la figura 9 que según los empaques fue de alrededor del 11.8%.

Los sazonadores son empleados en diversos países al preparar los alimentos, Serrano reportó valores promedio de 42.39 para el DEP, 47.65 para DBP y 748.2 para DEHP, lo cual corresponde a concentraciones 4.5, 10.5 y 2.7 veces mayores en este estudio.

**Figura 9. Análisis de ftalatos en sazonadores adquiridos en la ZMVT**

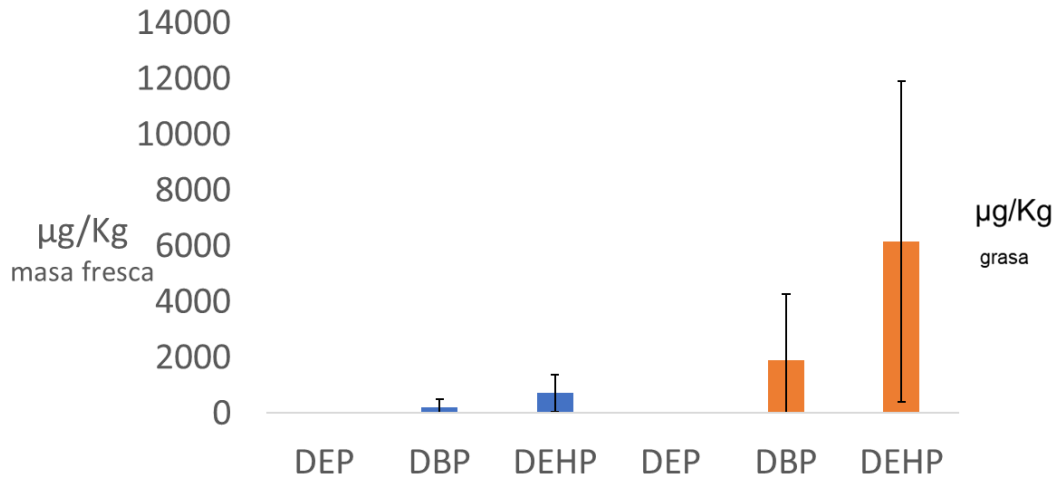


n= 2 marcas

El pan dulce fue otro de los alimentos que se consideran con alto contenido de grasas, considerando que contiene en promedio 11.6 gr de grasas por cada 100 g de masa fresca.

En la ZMVT se venden diferentes tipos de pan dulce, los favoritos de los niños según nos reportaron en sus cuestionarios son las conchas, que son un pan esponjoso, con azúcar en la cubierta, que se elabora con harina de trigo, azúcar, mantequilla, vainilla, huevo, levaduras naturales o sintéticas. Se adquirieron en panaderías cercanas a las escuelas donde se aplicaron los cuestionarios y cuando no estaban disponibles las conchas se adquirieron panques o mantecadas, favoritos de los niños de la zona. A mayor cantidad de grasa, mayor concentración de ftalatos en muestras de todo el mundo, según la recopilación de serrano el pan contiene en promedio 5.2 µg/Kg de DEP, 41.9 µg/Kg de DBP y 318.0 µg/Kg de DEHP.

**Figura 9. Análisis de ftalatos en pan dulce en la ZMVT**



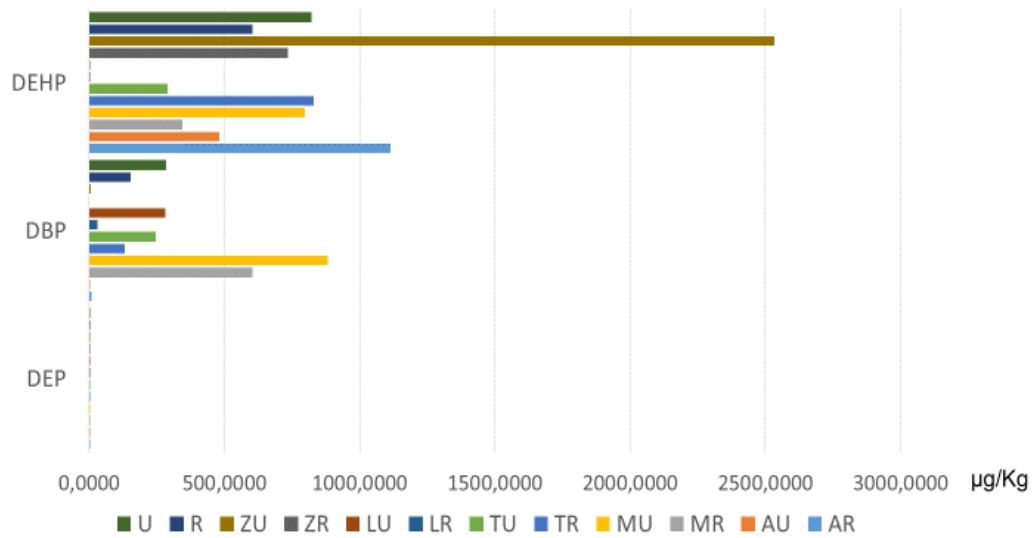
n=22 muestras de pan dulce de 5 municipios de la ZMVT

Por su origen se graficaron las concentraciones de DEP, DBP y DEHP en pan dulce, estos se reportan en masa fresca.

En el pan dulce la concentración de DEHP y DBP fue constante. La concentración máxima del DEHP fue de 2533,9 µg/Kg y se encontró en la Zona urbana de Zinacantepec, mientras de la concentración mínima fue de 0,002 µg/Kg procedente de la zona rural de Lerma. En cuanto a la presencia del DEP, este estuvo presente en la mayoría de las muestras, aunque en concentraciones menores. La concentración máxima fue de 7.7 µg/Kg de una comunidad rural de Metepec y la mínima de  $5 \times 10^{-4}$  µg/Kg lo que ocurrió con frecuencia.



**Figura 10. Análisis de ftalatos en pan dulce en la ZMVT por su origen.**



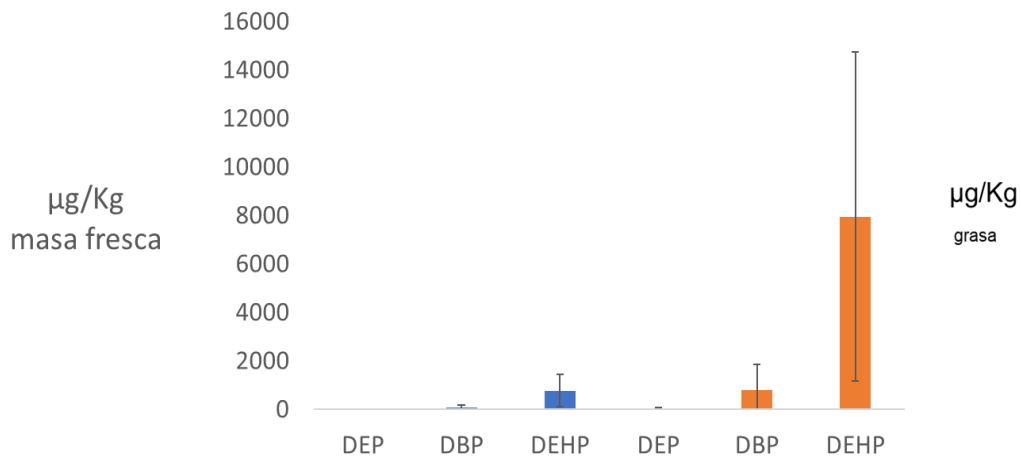
29

U=Urbana, R=Rural, ZU=Zinacantepec urbana, ZR=Zinacantepec rural, LU=Lerma urbana, LR=Lerma rural, TU=Toluca urbana, TR=Toluca rural, MU=Metepec urbana, MR=Metepec rural, AU=Almoloya urbana, AR=Almoloya Rural.

### 3.7.2. Cárnicos consumidos en la ZMVT

Entre los alimentos más frecuentemente consumidos se encontró el consumo de cárnicos, entre ellos el pollo fue el alimento favorito, seguido de la carne de res. La figura 11 muestra los promedios de las concentraciones de ftalatos reportados en masa fresca y en microgramos por kilogramo de grasa. Las piezas del pollo contienen diferentes cantidades de grasa, por lo que se analizaron las piezas favoritas de los niños que fueron la pechuga y pierna y muslo de pollo.

**Figura 11. Análisis de ftalatos en pollo en la ZMVT**



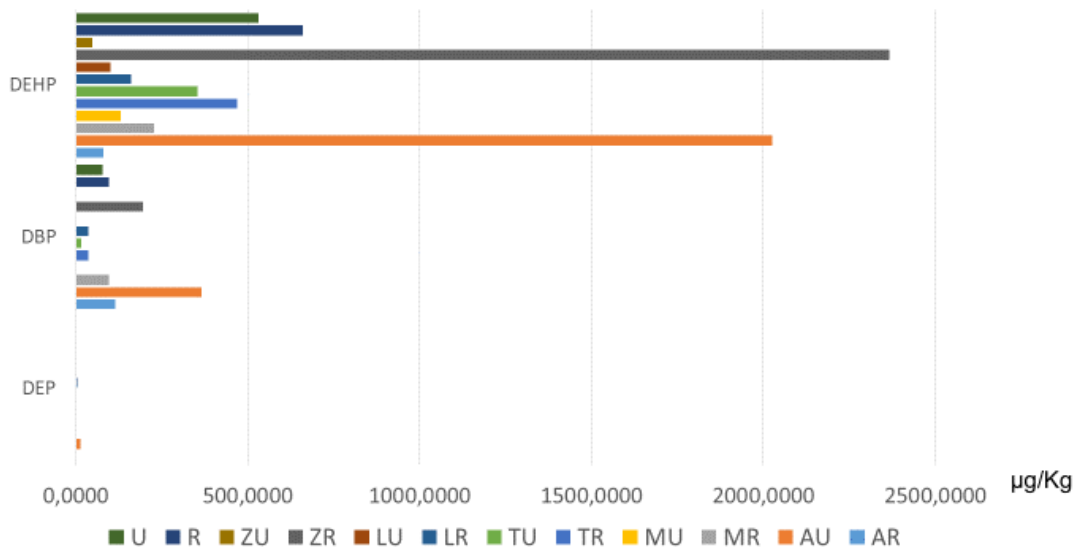
n=22 muestras de carne de pollo de 5 municipios de la ZMVT

Por su origen se graficaron las concentraciones de DEP, DBP y DEHP en pollo adquirido en la ZMVT, estos resultados se reportan en masa fresca.

En todos los casos la presencia de DEHP es evidentemente la más frecuente y la de mayores proporciones, la concentración máxima fue de 2366 µg/Kg proveniente de una localidad rural de Zinacantepec y la mínima de 48 µg/Kg proveniente de una zona urbana del mismo municipio.

El DBP fue observado en concentraciones moderadas, la máxima concentración fue de 366.6 µg/Kg proveniente de una zona urbana de Almoloya y la concentración mínima fue de  $1 \times 10^{-4}$  µg/Kg. En cuanto al DEP las concentraciones observadas fueron detectadas bajas, la concentración máxima fue de 14.4 µg/Kg y la mínima fue con gran frecuencia de  $5 \times 10^{-4}$  µg/Kg.

**Figura 12. Análisis de ftalato en pollo en la ZMVT por su origen.**



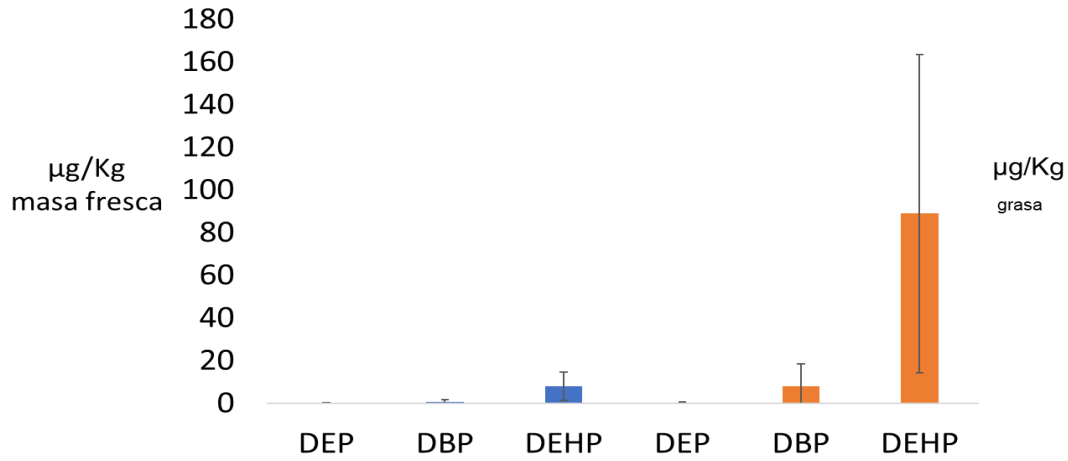
U=Urbana, R=Rural, ZU=Zinacantepec urbana, ZR=Zinacantepec rural, LU=Lerma urbana, LR=Lerma rural, TU=Toluca urbana, TR=Toluca rural, MU=Metepec urbana, MR=Metepec rural, AU=Almoloya urbana, AR=Almoloya Rural.

La carne de res fue analizada eligiendo en el muestreo carne magra como los bistecs y la carne molida. La figura 13 muestra los promedios de ftalatos reportados en masa fresca y en microgramos por kg de grasa.

Por su origen se graficaron las concentraciones de DEP, DBP y DEHP en muestras de carne de res adquirida en la ZMVT, estos resultados se reportan en masa fresca, figura 14.

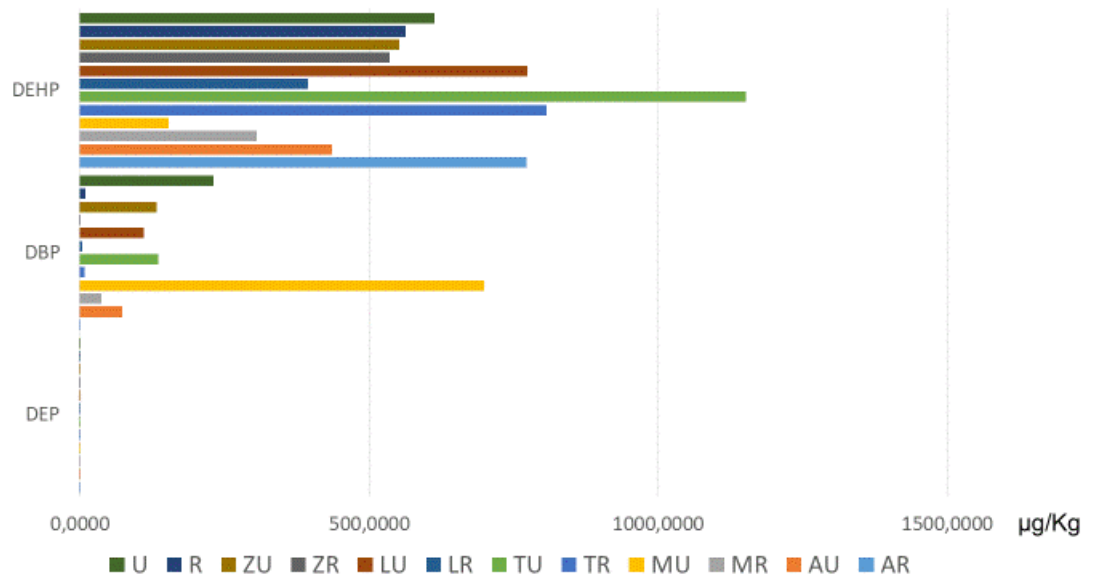
En el caso de la carne de res, se observó la presencia de DEHP en concentraciones altas en la gran mayoría de las muestras, la concentración máxima fue de 1151.8 µg/Kg proveniente de una localidad urbana de Toluca y la mínima de 153.7 µg/Kg proveniente de una zona urbana de Metepec.

**Figura 13. Promedio de concentraciones de ftalatos en carne de res en la ZMVT**



n=22 muestras de carne de res de 5 municipios de la ZMVT

**Figura 14 Análisis de ftalatos en res en la ZMVT**



U=Urbana, R=Rural, ZU=Zinacantepec urbana, ZR=Zinacantepec rural, LU=Lerma urbana, LR=Lerma rural, TU=Toluca urbana, TR=Toluca rural, MU=Metepec urbana, MR=Metepec rural, AU=Almoloya urbana, AR=Almoloya Rural.

El DBP fue observado en concentraciones moderadas, la máxima concentración fue de 699.4 µg/Kg proveniente de una zona urbana de Metepec y la concentración mínima fue de 1 x10<sup>-4</sup> µg/Kg provenientes de las zonas urbanas de Almoloya y Zinacantepec. En cuanto al DEP las concentraciones observadas fueron en su gran mayoría bajas, la concentración máxima fue de 0.75 µg/Kg detectado en la zona urbana de Zinacantepec y la mínima fue con gran frecuencia de 5 x10<sup>-4</sup> µg/Kg.

Los resultados del grupo de abarrotes, lácteos y jugos procesados no muestran su procedencia ya que su producción se realiza en plantas ubicadas estratégicamente en México, por ejemplo, Lala tiene 14 de sus 32 plantas ubicadas en México tienen producciones puntuales y su planta ubicada en Gómez Palacio, Durango, funciona como un centro de acopio de leche y crema, a la vez que sus plantas de producción de embutidos se sitúan en la ciudad de Tizayuca, Hidalgo (Opportimes, 2018).

Por otro lado Alpura tiene tres plantas en el país: la de Cuautitlán Izcalli, donde fabrican leche pasteurizada, yogurt, mantequilla y crema para batir y acidificada; la de Indelesa, en Chihuahua, para quesos, leche en polvo, evaporada, de un litro y deslactosada para mujer; y el complejo de quesos de Carranco, en San Luis Potosí (Celis, 2017). Los jugos procesados mencionados por los encuestado fueron de la marca Jumex, esta empresa mexicana dedicada a la venta de jugos y néctares, tiene cuatro plantas, la principal, en el Estado de México (Marcos, 2019).

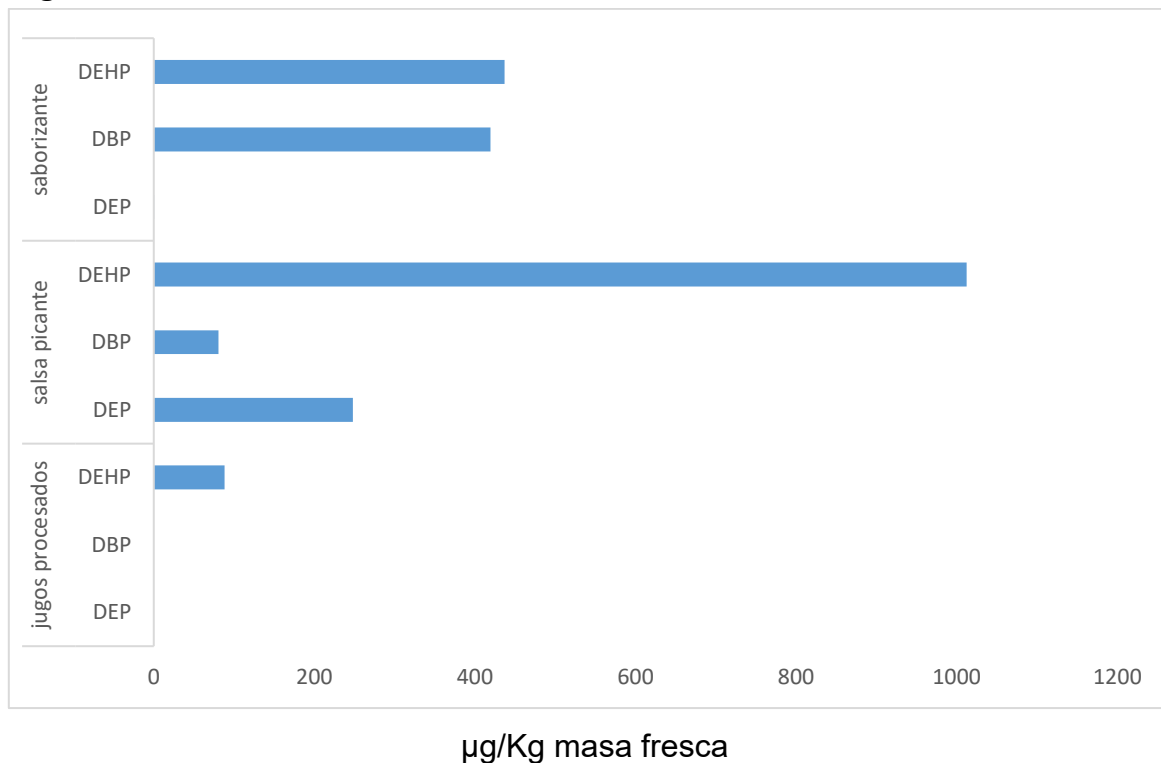
En la figura 15 se presentan los resultados por grupo de alimento abarrotes, cárnicos y lácteos.

Todos los abarrotes analizados contienen DEHP, la concentración mayor de 1000 µg/Kg se observó en la salsa picante que es una de las favoritas de los niños y adolescentes, la presentación que se analizó fue la bolsita individual y es uno de los alimentos que presento DEP en una concentración mayor a 200 µg/Kg, empacada en plástico. El saborizante para cocinar sabor a pollo mostró la presencia

de DEHP y DBP en concentraciones mayores a 400  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ . En el jugo procesado observó solo la presencia de DEHP en una concentración promedio de 88  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ .

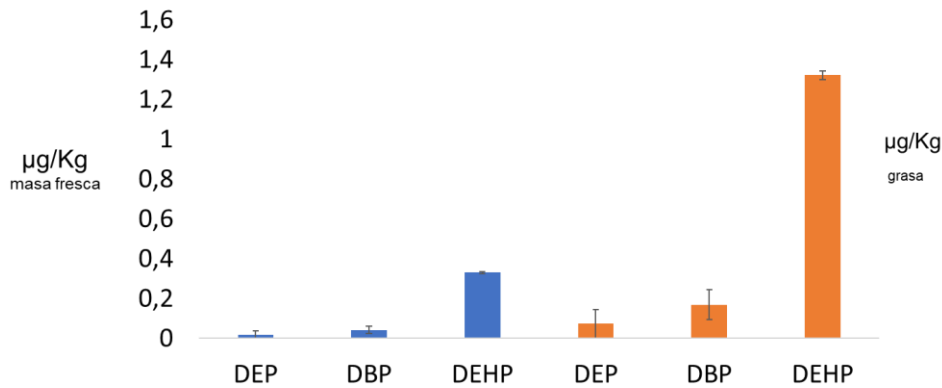
El análisis de los cárnicos mostró que el DEHP promedio esta alrededor de los 600  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  y el DBP alrededor de 100  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ , mientras que el DEP tiene concentraciones menores a 2.9  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ .

**Figura 15. Análisis de ftalatos en abarrotos de la ZMVT**



Los lácteos analizados fueron la leche, la crema de leche y el yogurt. Entre los cuales se observó que la crema de leche contiene concentraciones promedio de DEHP (1.32  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de grasa) DBP (0.17  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de grasa) y DEP (0.07  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de grasa).

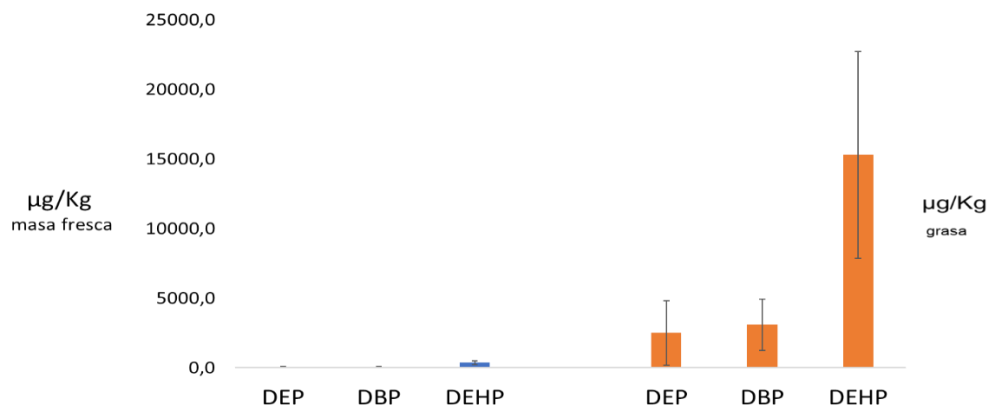
**Figura 16. Ftalatos en crema de leche adquirida en la ZMVT.**



n= 2 marcas

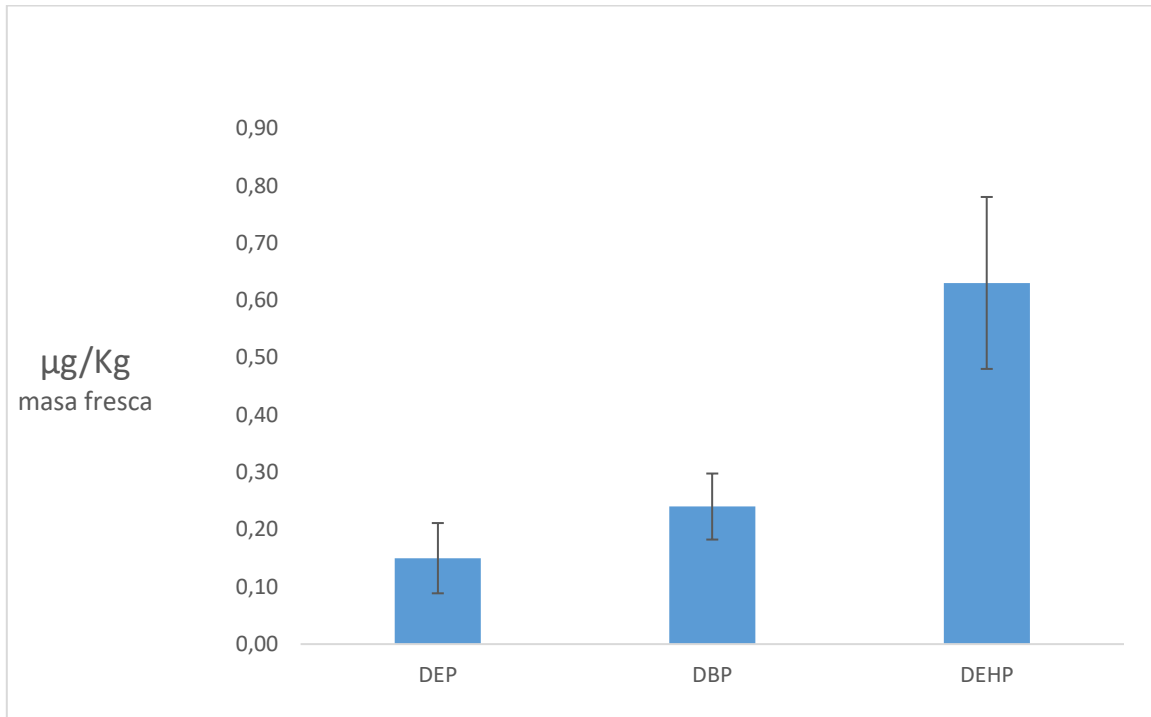
La mayor concentración de DEHP en lácteos se observó en yogurt con 358 µg/Kg, el DBP de mayor concentración se observó también en yogurt en concentraciones de 71.9 µg/Kg, el DEP se observó en niveles de 45.2 µg/Kg en las muestras de leche, figura 17. Los ingredientes del yogurth incluyen azúcares, colorantes, frutas y estabilizantes, mientras que la crema y la leche, solo son extractos de leche. Lo que sugiere un mayor procesamiento en el yogurt, que podría estar asociado al contenido de ftalatos en el alimento.

**Figura 17. Análisis de ftalatos en yogurt adquirido en la ZMVT.**



n=3 marcas (yogurt sabor fresa)

**Figura 18. Análisis de ftalatos en leche adquiridos en la ZMVT.**



n=3 marcas

La tabla 32 presenta las ingestas diarias para las comunidades rural o urbana de la ZMVT, se incluyeron las ingestas por grupo de alimentos para observar cuales son los grupos que aportan mayor impacto en la exposición a cada uno de los ftalatos.



Tabla 25. Concentración de ftalatos en alimentos de alto consumo infantil en la ZMVT ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ) masa fresca.

Grupo alimenticio Matriz	concentración ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ) (min-máx.)			Promedio de Otros estudios*
	FTALATO	R	U	
<i>Abarrotes</i>				
Frituras n=4	DEP		130.43	NR
	DBP		16.15	14.1
	DEHP		1530.83	111.6
Sazonador pollo n=2	DEP		0.05	-
	DBP		419.52	-
	DEHP		437.08	-
<i>Aceites y grasas</i>				
Aceite de cocina n=3	DEP	50,156.86 (48360.6 a 52109.9)		14.8
	DBP	12,077.85 (5682.4 a 20311.5)		603.7
	DEHP	14,821.38 (5508.1 a 23864.6)		1299.0
<i>Salsas y aderezos</i>				
Salsa botanera n=1	DEP		247.97	-
	DBP		804.56	-
	DEHP		1,012.37	-
<i>Aves y Cárnicos</i>				
Res n=22	DEP	0.05	0.25	40
	DBP	10.11	230.79	15
	DEHP	562.99	613.53	329
Pollo n=22	DEP	0.81	2.89	3.7
	DBP	95.63	767.58	23.0
	DEHP	661.06	5319.74	710.0
<i>Cereales y tubérculos</i>				
pan dulce n=22	DEP	1.12	0.05	5.2
	DBP	154.67	283.43	41.9
	DEHP	604.38	821.26	318
<i>Frutas y verduras</i>				
jugos procesados n=2	DEP		ND	10.2
	DBP		ND	18.7
	DEHP		88.07	87.5
<i>Salchichonería y lácteos</i>				
Leche n=5	DEP		451.81	1.8
	DBP		13.71	15.4
	DEHP		358.01	43.2
Crema n=2	DEP		0.02	1.6
	DBP		0.04	240.7
	DEHP		0.33	784.3
Yogurt n=4	DEP		58.27	0.5
	DBP		71.93	1.7

n= número de marcas o procedencias; R= rural; U=urbano; DEP=Dietil ftalato; DBP=Dibutil ftalato; DEHP=Dietil hexil ftalato. ND=no detectado. \*(Matsumoto, 2002; Feng, Zhu and Sensenstein, 2005; Fierens, Servaes, *et al.*, 2012; Birnbaum and Schug, 2013; Bradley *et al.*, 2013; Schecter *et al.*, 2013; Van Holderbeke *et al.*, 2014; Serrano *et al.*, 2014; X. L. Cao *et al.*, 2015b; Lin *et al.*, 2015; Cisneros Montes *et al.*, 2016; Du *et al.*, 2016).

### 3.8. Análisis del Riesgo

Se realizaron cálculos para determinar la ingesta diaria empleando las concentraciones obtenidas de los alimentos obtenidos en la ZMVT.

Tabla 26. Ingesta diaria rural y urbana de DEP, DBP y DEHP. ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ )

EDI urbano			EDI rural			Grupo de alimentos
DEP	DBP	DEHP	DEP	DBP	DEHP	
0.27	0.05	0.83	0.15	0.03	0.26	A
0.01	0.02	0.03	0.01	0.03	0.03	AS
15.14	3.61	8.87	16.40	3.93	7.26	AG
0.01	4.51	27.85	0.11	1.61	12.90	B
2.43	47.37	271.57	3.32	37.45	264.07	C
3.29	6.69	44.53	3.01	6.84	40.82	D
-	-	-	-	-	-	E
231.73	14.05	214.81	112.95	3.43	89.51	F
252.88	76.30	568.48	135.95	53.31	414.84	Total

DEP=Dietil ftalato; DBP=Dibutil ftalato; DEHP=Dietil hexil ftalato, A=abarrotes, AS=salsas, AG=grasas y aceites, B=cárnicos, C=cereales y tubérculos, D=frutas, verduras y hortalizas, E=pescados y mariscos, F=salchichonería y lácteos.

#### 3.8.1 Dietil ftalato.

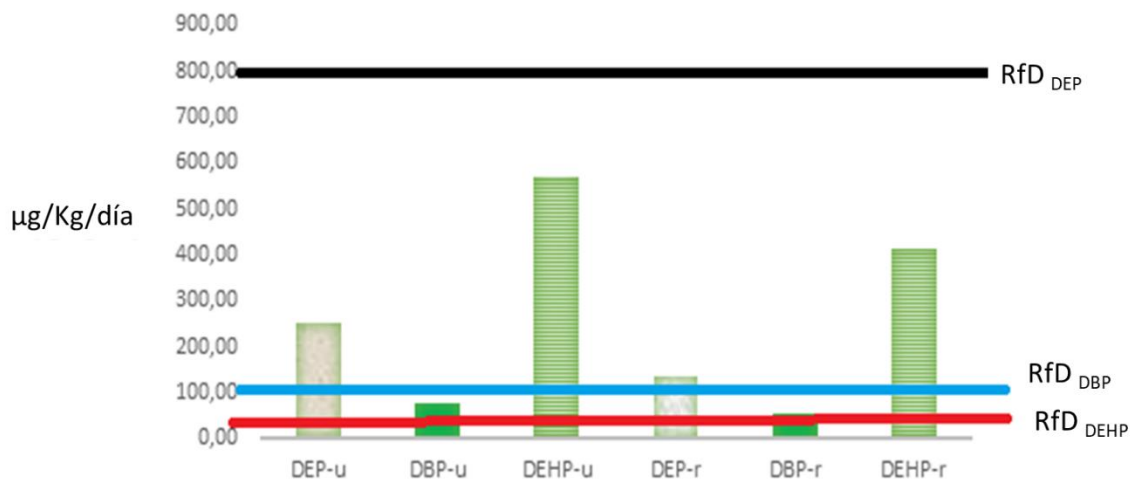
Este compuesto tiene una solubilidad en agua de  $1080\text{mg}/\text{L}$  y es relativamente poco liposoluble con un  $\text{Log}_{\text{kow}}$ : 2,47. La RfD de  $800\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$  basado en la disminución de la tasa de crecimiento y la alteración del peso de los órganos en ratas con un factor de incertidumbre de 1,000(ATSDR, 1995). Este compuesto está asociado con sobrepeso, obesidad y aumento en el radio de la

cintura en niños como (Stahlhut et al 2007; Buser, et al., 2014; Hatch et al., 2008; Dirtu et al 2013; Wang et al., 2019); también se le ha asociado con rinitis alérgica, dermatitis atópica, conjuntivitis, alergias en bebés y asma en niños (Braun et al., 2013; Hopen et al., 2013; Ait Bamai et al., 2014; Wang et al., 2015; Wang et al., 2019; Gascon et al., 2015; Bornehag et al.2004), por otro lado se mencionan afectaciones en el desarrollo de la pubertad y ginecomastia así como afectaciones a la salud reproductiva (Duty et al., 2003; Hauser et al., 2006; Frederiksen et al., 2012; Upson et al., 2013; Durmaz et al., 2010; Radke et al., 2018; Wang et al., 2019. Scaglia et al., 2009; Peng et al. 2016). Todos estos daños a la salud infantil se asocian también con DBP y DEHP.

La EDI para el DEP fue de 252.88 y 135.95  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$  para la zona urbano y rural respectivamente. El mayor impacto de este compuesto en la ingesta diaria corresponde al grupo de salchichonería y lácteos, seguido de los aceites y grasas. El impacto de alimentos como las frutas verduras y hortalizas considerando las concentraciones reportadas en estudios internacionales (Serrano *et al.*, 2014) es similar al que ejercen los compuestos cárnicos en cuanto a DEP en la ingesta diaria. El valor de EDI del DEP no excede los valores de la dosis de referencia  $\text{RfD}_{\text{DEP oral}}$  (figura 2) reportadas por la ATSDR. La ingesta diaria de DEP es 1.9 veces mayor para la comunidad urbana que para la rural.

El uso de grasas y aceites en la preparación de alimentos y la frecuencia del consumo de alimentos fritos podría aumentar el riesgo de consumir más DEP, ya que los aceites presentaron los valores promedio más altos de este ftalato (50,156.86  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ) seguidos por la leche y las frituras.

Figura 19. Ingesta diaria (EDI) para la dieta rural y la dieta urbana por ftalato.



DEP-u=ingesta diaria de dietil ftalato urbano, DBP-u=ingesta diaria de dibutil ftalato urbano, DEHP-u=ingesta diaria de dietil hexil ftalato urbano, DEP-r=ingesta diaria de dietil ftalato rural, DBP-r=ingesta diaria de dibutil ftalato rural, DEHP-r=ingesta diaria de dietil hexil ftalato rural. RfD=dosis de referencia

Hay que considerar que las concentraciones de este estudio proceden de muestras crudas, Fierens, Van Holderbeke, *et al.*, 2012 mencionaron que las concentraciones pueden aumentar o disminuir según el tipo de cocción del alimento, la carne frita, por un lapso de 3.5 a 4 min, con margarina, disminuye la concentración de algunos de los ftalatos como el DEHP y el BBP en un 49% mientras que el DMP, DEP y DBP pueden incrementarse comparadas con las encontradas en la carne cruda.

### 3.8.2 Dibutil ftalato.

Este compuesto tiene una Solubilidad en agua de 10 mg/L y es preferentemente liposoluble con un  $\text{Log}_{\text{kow}}$ : 4,72. La RfD of 0.1 mg/kg/day obtained from a NOAEL of 125 mg/kg-day and LOAEL of 600 mg/kg-day was considered due to increased mortality in rats, incorporating an uncertainty factor of 1,000. (ATSDR, 2002b) and RfD of 0.3 mg/kg-day related to decreased fetal testosterone in Sprague-Dawley rats pregnant with a NOAEL of 30 mg/kg-day and a LOAEL of 50 mg/kg/day (Lehmann, 2004). Las afectaciones a la salud que este compuesto reporta son similares a los que presenta el DEP, aunque, si existe una exposición prenatal a este compuesto hay estudios que reportan una asociación con autismo infantil, déficit de atención e hiperactividad (Larsson et al. 2009, Carter y Blizard 2016; Suin et al., 2014; Bung-Nyun et al 2009). La ingesta diaria promedio de DBP no representa valores mayores a la RfD reportadas por la ATSDR o al reportado por Lemman en 2004.

La EDI para el DBP fue de 76,30 y 53,31  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$  para la zona urbano y rural respectivamente. El mayor impacto de este compuesto en la ingesta diaria corresponde al grupo de los cereales, seguido del grupo salchichonería y lácteos. La ingesta diaria es 1.4 veces mayor para la comunidad urbana que para la rural. El origen y procesamiento de los lácteos, puede ser la razón de las concentraciones de DBP en las muestras de este estudio, comparadas con los promedios de otros estudios. El consumo de carne de pollo en las comunidades urbanas>rurales es uno de los alimentos que presento mayores concentraciones de DBP y siendo uno de los alimentos favoritos de los niños es recomendable que se hierva para procurar la liberación del ftalato por solubilidad en el agua y que no se consuma frito para no incrementar la concentración debido al DBP que pueden aportar los aceites (Fierens, Van Holderbeke, *et al.*, 2012).

### 3.8.3 Dietil hexil ftalato.

Este es el ftalato más empleado mundialmente especialmente como plastificante y el más reportado en estudios de salud pública. Este compuesto tiene una solubilidad en agua mínima, con un carácter lipofílico con un  $\text{Log}_{\text{KOW}}$  5,03. La dosis de referencia es la menor de los tres compuestos estudiados  $\text{RfD}=20 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$  basado en un LOAEL de  $19 \text{ mg}/\text{kg}/\text{día}$  para la ingesta oral crónica basada en un efecto hepático de cobayas alimentadas con una dieta que contiene DEHP durante un año (ATSDR, 2002a). Otro estudio reportó una  $\text{RfD}$  de  $0.3 \text{ mg} / \text{kg-día}$  para DEHP relacionada con la disminución o ausencia de órganos reproductores masculinos en ratas Sprague-Dawley con una BMDL10 de  $27 \text{ mg} / \text{kg-día}$  (Benson, 2009). Los daños a la salud infantil que varios estudios reportan son similares a los mencionados en los apartados de DEP y DBP, aunque se requiere de concentraciones mucho menores para producirlas.

La EDI para el DEHP fue de  $568.48$  y  $414.84 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$  para la zona urbano y rural respectivamente, y ambas sobrepasan las dosis de referencia EDI  $28,42$  veces para el sector urbano y  $20,74$  veces para el sector rural. Estos valores constituyen un efecto crítico no canceroso que representa el coeficiente de peligro utilizando la ecuación  $HQ_{\text{oral}} = \frac{EDI_{\text{oral}}}{RfD_{\text{oral}}}$  que sin son mayores a uno representan sugieren que los efectos como el daño hepático y a los órganos reproductivos son probables en los niños de la ZMVT. Los valores de HQ para el DEP y DBP fueron menores a uno.

El mayor impacto de este compuesto en la ingesta diaria corresponde al grupo de los cereales, seguido del grupo salchichonería y lácteos. Los grupos de frutas verduras y hortalizas, así como de cárnicos también aportaron al incremento de la exposición, aunque de menor forma, como estos alimentos no se revisaron los datos empleados para la estimación fueron tomados del estudio de Serrano *et al.*, 2014. La ingesta diaria de DEHP es  $1.4$  veces mayor para la comunidad urbana que para la rural. Este compuesto presenta las mayores concentraciones en todos

los alimentos analizados, además se encontró en el 100% de las muestras revisadas. Por lo que representa un riesgo a la salud de los niños mexiquenses.

#### 3.8.4 Alimentos de la ZMVT.

Los alimentos adquiridos en las zonas urbanas de la ZMVT suelen tener mayores concentraciones de ftalatos en especial se revisaron carne de pollo, res y pan dulce. La relación de las concentraciones de DBP en cárnicos va de 8 a 22.8 veces más para pollo y res respectivamente y de 1.8 para el pan dulce. Las concentraciones de DEHP son similarmente altas, aunque un tanto mayores en las zonas urbanas. Entre los productos empacados vale la pena poner atención a los aceites que presentaron concentraciones de hasta 52.1 mg/Kg para DEP, 20 mg/Kg para el DBP y 23.8 mg/Kg. Los productos que emplean aceites en su fabricación como las frituras y la salsa botanera también presentaron altas concentraciones especialmente de DEHP. Estas concentraciones son mucho mayores que las reportadas en otros países. México no cuenta con legislación sanitaria que controle la presencia de contaminantes como los ftalatos en los alimentos.

El consumo de cereales aporta DBP y DEHP de forma importante en la dieta de los niños de la zona principalmente urbana, aunque en la zona rural, la exposición esta apenas por debajo. La exposición a DEP, DBP y DEHP que representa el consumo de lácteos depende únicamente de las costumbres de consumo de alimentos empacados. Este grupo fue el principal aporte de DEP de la dieta de los niños de ambas comunidades.

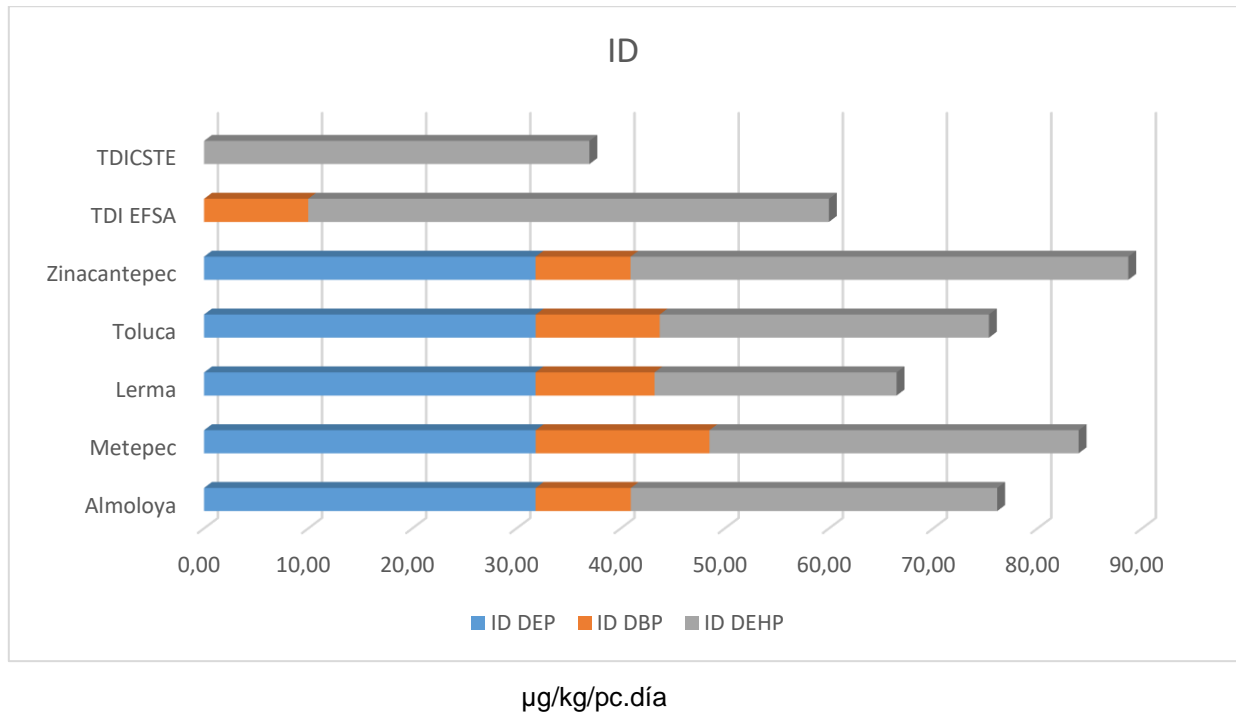
Hace falta revisar alimentos como frutas verduras y hortalizas considerando su origen ya que el Estado de México ha incrementado el uso de invernaderos para hacer más eficiente la producción de alimentos, así como los procesos hidropónicos entre otros que ayudan a resolver el problema de la soberanía alimentaria pero estos procesos pueden contaminar los alimentos con compuestos como los ftalatos. El uso de plásticos se ha incrementado en todo el mundo y nos ha dado como

especie alternativas para la conservación y transporte de alimentos. Algunas alternativas se han explorado como la sustitución del DEHP (Boor *et al.*, 2015; Bui *et al.*, 2016; Koch *et al.*, 2017) encontrando soluciones y otros riesgos en el camino.

### 3.9 Representación cartográfica del riesgo

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) considera una ingesta diaria tolerable (TDI) de 50  $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$  para del DEHP y de 10  $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$  para DBP (Wang *et al.*, 2019). El Comité Científico de Toxicidad, Ecotoxicidad y Medio Ambiente de los estados unidos de Norteamérica (CSTEE) reportan una TDI de 37  $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$  para el DEHP y de 8000  $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$  para el DEP para población general. Estos valores se compararon con la ingesta diaria de ftalatos calculada para cada municipio. Los resultados se observan en la figura 13.

Figura 20. Ingesta diaria por municipio de los ftalatos DEP, DBP y DEHP



La ingesta de DEP depende casi solamente de los aceites y frituras ingeridas mientras que el DBP y el DEHP incluyen la ingesta de lácteos, cereales y cárnicos.



La ingesta de DEP que la CSTE reporta como tolerable no se rebasa en ningún caso. Considerando los valores reportados por la EFSA observamos un valor de advertencia de 60 µg/kg/pc.

Para evaluar el riesgo al que los niños de entre 6 a 12 años se encuentran expuestos, se realizó el cálculo del cociente de peligro (HQ) por vía oral para un efecto crítico de no cáncer, según las guías de la ATSDR (ATSDR, 2012).

$$HQ_{oral} = \frac{IDE_{oral}}{RfD_{oral}} \quad \text{ecuación 2}$$

Tabla 27. Dosis de referencia para los ftalatos analizados

Dosis de referencia	DEP µg/kg peso corporal/día	DBP µg/kg peso corporal/día	DEHP µg/kg peso corporal/día
RfD EPA-ATSR	800 *	100 **	20 *
RfD 2009		300 **	300 **

[https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology\\_curriculum/es\\_index.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/es_index.html)

\* (ATSDR, 1995), " EPA 2001. \*\* Benson 2009.

\*disminución en el tamaño de los órganos internos, "aumento de mortalidad (en ratas).

\*\*Efectos a la salud reproductiva.

También se calculó el índice de riesgo (HI) que es la sumatoria de los HQ, específicos para cada efecto causado por los compuestos tóxicos, este índice, se calculó para dos efectos uno para afectaciones a los órganos internos y otro para afectaciones a la salud reproductiva, empleando los datos de referencia de la tabla 27.

$$HI = HQ_{oral} \text{ DEP} + HQ_{oral} \text{ DBP} + HQ_{oral} \text{ DEHP} \quad \text{ecuación 3}$$

Donde los resultados pueden interpretarse como de la siguiente forma:

HI >1 poca probabilidad de que los efectos adversos por la exposición a las sustancias químicas se manifiesten en la población.

HI entre 1 y 100, existe la posibilidad de que los efectos adversos sean observados.

HI < 100 la exposición media es comparable al NOAEL o LOAEL observado en animales de laboratorio y que existe un alto potencial de que los efectos adversos se observen en humanos con estas exposiciones (Benson, 2009).

Dados estos valores se realizó el análisis por municipio de sus ID para cada ftalato y se calcularon los cocientes de peligro, como también los índices de riesgo para cada efecto (tabla 28).

Tabla 28. Ingesta diaria ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{pc. Día}$ ) por municipio, HQ y HI y su color de riesgo.

Municipio	ID DEP	ID DBP	ID DEHP	Efecto/ riesgo	ID DEP	ID DBP	ID DEHP
Almoloya	31.8	9.1	35.2		31.8	9.1	35.2
Metepec	31.8	16.7	35.4		31.8	16.7	35.4
Lerma	31.8	11.4	23.2		31.8	11.4	23.2
Toluca	31.8	11.9	31.6		31.8	11.9	31.6
Zinacantepec	31.8	9.1	47.7		31.8	9.1	47.7
DRef <sub>organos</sub>	800.0	100.0	20.0	DRef <sub>ferti</sub>		300.0	300.0
HQ Almoloya	0.04	0.1	1.8		NC	0.03	0.1
HQ Metepec	0.04	0.2	1.8		NC	0.06	0.1
HQ Lerma	0.04	0.1	1.2		NC	0.04	0.1
HQ Toluca	0.04	0.1	1.6		NC	0.04	0.1
HQ Zinacantepec	0.04	0.1	2.4		NC	0.03	0.2
HI Almoloya	1.89				0.15		
HI Metepec	1.98				0.17		
HI Lerma	1.32				0.12		
HI Toluca	1.74				0.15		
HI Zinacantepec	2.52				0.19		

HQ=cociente de peligro; HI índice de riesgo. DRef=dosis de referencia.

Dados los valores de la tabla los municipios están en los siguientes términos de riesgo:

Tabla 29. Simbología de riesgo de exposición a ftalatos por vía alimenticia.

Color	Valor HI	Riesgo
Rojo	HI > 100	Presente
Naranja	HI entre 1 y 100	Posible
Amarillo	HI = 1	Nivel de alerta
Verde	HI < 1	Poco Probable

Figura 21. Mapa de distribución del riesgo de la exposición a ftalatos de dialquilo



Todos los municipios analizados presentan HI mayor a 1 lo que indica la posibilidad de que los niños rebasen la ingesta diaria especialmente para el DEHP lo que podría causar daños a sus órganos internos.

## CONCLUSIONES

Se establecieron las dietas típicas de la población infantil rural y urbana observando que la dieta urbana es más variada y proporciona 1.4 veces mayor aporte calórico que la rural.

Los alimentos seleccionados y caracterizados como: grasas (aceites, frituras, sazónadores) > altos en contenido graso (pan dulce, pollo y res) > altos en contenido de agua (yogurt, leche, crema, salsa picante, jugos), contienen ftalatos de dialquilo como DEHP > DBP > DEP.

Se cuantificaron los ftalatos de dialquilo DEP, DBP y DEHP en alimentos tomados de los municipios de Almoloya de Juárez, Lerma, Metepec, Toluca y Zinacantepec observando que las mayores concentraciones corresponden al DEHP, luego al DBP y finalmente al DEP.

Las grasas (aceites, frituras y sazónadores) contienen las mayores concentraciones de DEP (hasta 2.7 veces más) DEHP (hasta 1.1 veces más) > DBP (hasta 0.4 veces menos) a lo reportado por estudios previos.

Las matrices con alto contenido graso (pan dulce, pollo y res) reportan concentraciones promedio de DEHP (~60 µg/Kg de grasa) > DBP (~20 µg/Kg de grasa) > DEP (concentraciones mínimas). Observando variaciones entre las concentraciones halladas en los diferentes municipios y localidades de la ZMVT.

Las matrices con alto contenido de agua (yogurt, leche, crema, salsa, jugos) procesados y empacados, presentaron concentraciones mayores de DEHP (~190 µg/Kg de masa fresca) > DEP (~30 µg/Kg de masa fresca) > DBP (~20 µg/Kg de masa fresca).

Con las concentraciones de ftalatos se calcularon la ingesta diaria para cada ftalato, observando que la ingesta de DEHP representa un riesgo potencial para los niños de la ZMVT de presentar daño a los órganos internos.

La ingesta diaria de DBP en las zonas urbanas esta apenas debajo de la dosis de referencia que sugiere la ATSDR por lo que sería deseable la regulación de este compuesto en los alimentos.

El mapa de distribución de concentraciones de ftalatos en los municipios de la ZMVT coloca en color naranja con la posibilidad de que los niños de la ZMVT estén en riesgo de ser afectados por la ingestión de DEHP y DBP al consumir alimentos, con la consecuente afectación a órganos internos o afectaciones a la fertilidad.

Los alimentos que consume la población infantil del Valle de Toluca están contaminados con ftalatos de dialquilo (DEHP, DBP, DEP), con una IDE de 252.88, 76.30 y 568.48  $\mu\text{g}/\text{kg. Pc}/\text{día}$  para DEP, DBP y DEHP en la zona urbana y de 135.95, 53.31 y 414.84  $\mu\text{g}/\text{kg. Pc}/\text{día}$  para DEP, DBP y DEHP en la zona rural respectivamente, lo que indica que los niños que viven en zonas urbanas tienen mayor probabilidad de presentar efectos adversos a la salud reproductiva o afectaciones a los órganos internos, que los de zonas rurales.

## **PERSPECTIVAS**

- I. Hacen falta estudios sobre la presencia de ftalatos en los diversos compartimientos ambientales en nuestro país.
- II. Es importante contar con equipos eficientes y suficientes para realizar análisis químicos instrumentales en las universidades públicas o bien realizar redes de colaboración para realizar análisis de alimentos de diversas zonas del país.
- III. Hace falta revisar alimentos como frutas verduras y hortalizas considerando su origen ya que el Estado de México ha incrementado el uso de invernaderos para hacer más eficiente la producción de alimentos.
- IV. Revisar la sustitución del DEHP en las diversas empresas, especialmente las que tienen que ver con los empaques de alimentos.
- V. Divulgar la información entre los actores de la producción y los receptores de la exposición, los consumidores.

## REFERENCIAS

Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades (2018) *resumen de salud publica-arsenico*. Available at: [www.atsdr.cdc.gov/es](http://www.atsdr.cdc.gov/es) (Accessed: 21 January 2020).

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2012) *Manual Toxicología ATSDR en Español, Curso de Toxicología para comunidades*. Available at: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology\\_curriculum/es\\_index.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/es_index.html) (Accessed: 8 May 2019).

Aguilar-Barojas, S. (2005) 'Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>', *Salud en Tabasco*, pp. 2–7. doi: ISSN:1405-2091.

ATSDR (2001) 'Toxicological Profile for Di-n-Butyl Phthalate', *Public Health*, (September), p. 225.

ATSDR (2002a) 'Toxicological profile: di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)', *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, (September), p. 336. doi: 10.1016/j.kjms.2012.05.005.

ATSDR (2002b) 'Toxicological Profile for DI-n-Butyl Phthalate', *ATSDR's Toxicological Profiles*, (September). doi: 10.1201/9781420061888\_ch76.

ATSDR, A. for T. S. and D. R. (1995) 'Toxicological Profile for Diethyl Phthalate', *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, (June), pp. 1–158.

BEDCA (2020) *BEDCA, Base de Datos Española de Composición de Alimentos*. Available at: <https://www.bedca.net/> (Accessed: 26 May 2020).

Benjamin, S. *et al.* (2017) 'Phthalates impact human health: Epidemiological evidences and plausible mechanism of action', *Journal of Hazardous Materials*. Elsevier B.V., 340, pp. 360–383. doi: 10.1016/j.jhazmat.2017.06.036.

Benson, R. (2009) 'Hazard to the developing male reproductive system from cumulative exposure to phthalate esters-dibutyl phthalate, diisobutyl phthalate, butylbenzyl phthalate, diethylhexyl phthalate, dipentyl phthalate, and diisononyl phthalate', *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. Academic Press, 53(2), pp. 90–101. doi: 10.1016/j.yrtph.2008.11.005.

Bergé, A. *et al.* (2013) 'Meta-analysis of environmental contamination by phthalates', *Environmental Science and Pollution Research*, 20(11), pp. 8057–8076. doi: 10.1007/s11356-013-1982-5.

Birnbaum, L. S. and Schug, T. T. (2013) 'Phthalates in our food', *Endocrine Disruptors*, 1(1), p. e25078. doi: 10.4161/endo.25078.

Boor, B. E. *et al.* (2015) 'Identification of phthalate and alternative plasticizers, flame retardants, and unreacted isocyanates in infant crib mattress covers and foam',

- Environmental Science and Technology Letters*, 2(4), pp. 89–94. doi: 10.1021/acs.estlett.5b00039.
- Bradley, E. L. *et al.* (2013) 'Determination of phthalate diesters in foods', *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30(4), pp. 722–734. doi: 10.1080/19440049.2013.781683.
- Braun, J. M., Sathyanarayana, S. and Hauser, R. (2013) 'Phthalate exposure and children's health', *Current Opinion in Pediatrics*, 25(2), pp. 247–254. doi: 10.1097/MOP.0b013e32835e1eb6.
- Bui, T. T. *et al.* (2016) 'Human exposure, hazard and risk of alternative plasticizers to phthalate esters', *Science of The Total Environment*, 541, pp. 451–467. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.036.
- Bustamante-Montes, L. P. *et al.* (2004) 'Exposición infantil a plastificantes potencialmente tóxicos en productos de uso oral', *Salud Publica de Mexico*, 46(6), pp. 501–508. doi: 10.1590/S0036-36342004000600004.
- Bustamante-Montes, L. P. (2007) 'Necesidades regulatorias sobre los efectos de los plastificantes en la población infantil', *Salud Publica de Mexico*, 49, pp. e70–e75. Available at: <https://www.redalyc.org/pdf/106/10649034.pdf>.
- Bustamante-Montes, L. P. *et al.* (2013) 'Prenatal exposure to phthalates is associated with decreased anogenital distance and penile size in male newborns', *Journal of Developmental Origins of Health and Disease*, 4(4). doi: 10.1017/S2040174413000172.
- Cacho, J. I. *et al.* (2012) 'Determination of alkylphenols and phthalate esters in vegetables and migration studies from their packages by means of stir bar sorptive extraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry', *Journal of Chromatography A*, 1241, pp. 21–27. doi: 10.1016/j.chroma.2012.04.018.
- Cao, X. L., Zhao, W. and Dabeka, R. (2015) 'Di-(2-ethylhexyl) adipate and 20 phthalates in composite food samples from the 2013 Canadian Total Diet Study', *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*. Taylor and Francis Ltd., 32(11), pp. 1893–1901. doi: 10.1080/19440049.2015.1079742.
- Cárdenas Elizalde, M. *et al.* (2018) *Estudio Diagnóstico del Derecho a la Alimentación Nutritiva y de Calidad 2018 CONSEJO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA DE DESARROLLO SOCIAL*. Available at: <https://www.coneval.org.mx/quienessomos/InvestigadoresAcademicos/Paginas/Investigadores-Academicos-2014-2015.aspx> (Accessed: 17 August 2020).
- Carter, C. J. and Blizard, R. A. (2016) 'Autism genes are selectively targeted by environmental pollutants including pesticides, heavy metals, bisphenol A, phthalates and many others in food, cosmetics or household products', *Neurochemistry International*. Elsevier Ltd, 101, pp. 83–109. doi: 10.1016/j.neuint.2016.10.011.



Celis, F. (2017) *Alpura invierte 60 mdp en nuevo centro de investigación • Forbes México, Forbes, México*. Available at: <https://www.forbes.com.mx/alpura-invierte-60-mdp-nuevo-centro-investigacion/> (Accessed: 21 November 2020).

Cisneros Montes, L. E., García-Fabila, M. M. and Bustamante-Montes, L. P. (2016) *ANÁLISIS DE FTALATOS EN PRODUCTOS CÁRNICOS Y LÁCTEOS DEL ESTADO DE MÉXICO*. UAEM.

CITAC/Eurachem (2002) 'Guide to Quality in Analytical Chemistry', pp. 1–40. doi: 10.1080/15226514.2013.828019.

Cobellis, L. *et al.* (2003) 'High plasma concentrations of di-(2-ethylhexyl)-phthalate in women with endometriosis.', *Human reproduction (Oxford, England)*, 18(7), pp. 1512–5. doi: 10.1093/humrep/deg254.

COLEGIO NACIONAL DE QUÍMICOS FARMACÉUTICOS BIÓLOGOS MÉXICO, A. C. (2002) *Validación de Métodos Analíticos*. Edited by A. C. COLEGIO NACIONAL DE QUÍMICOS FARMACÉUTICOS BIÓLOGOS MÉXICO and OBJETIVO: Available at: [https://www.academia.edu/4513278/Guia\\_de\\_Validacion\\_de\\_metodos\\_analiticos\\_editada\\_por\\_QFB\\_de\\_Mexico](https://www.academia.edu/4513278/Guia_de_Validacion_de_metodos_analiticos_editada_por_QFB_de_Mexico).

Conde, M. (2020) 'Plásticos Commodities: Los invencibles | Ambiente Plástico', *Ambiente Plastico*, p. 8. Available at: <https://www.ambienteplastico.com/plasticos-commodities-los-invencibles/> (Accessed: 6 May 2020).

Conde Ortiz, M. P. (2012) *Presente Futuro de la Industria del Plástico en México - PDF, Ambiente Plastico, la revista con acción Global*. Available at: <https://docplayer.es/9287634-Presente-futuro-de-la-industria-del-plastico-en-mexico.html> (Accessed: 25 January 2019).

Conde Ortiz, M. P. (2019a) *Ambiente Plástico No. 96 | Ambiente Plástico, Revista Ambiente Plastico*. Available at: <https://www.ambienteplastico.com/ambiente-plastico-no-96/> (Accessed: 21 February 2020).

Conde Ortiz, M. P. (2019b) *Economía Circular: La redención de los plásticos, Ambiente Plastico, la revista con acción Global*. Available at: <https://www.ambienteplastico.com/economia-circular-la-redencion-de-los-plasticos/> (Accessed: 21 February 2020).

CONEVAL (2019) *productos contenidos en la canasta alimentaria*. Available at: [www.coneval.gob.mx](http://www.coneval.gob.mx).

Diamanti-Kandarakis, E. *et al.* (2009) 'Endocrine-disrupting chemicals: An Endocrine Society scientific statement', *Endocrine Reviews*, pp. 293–342. doi: 10.1210/er.2009-0002.

DOF., Congreso, E. L. *et al.* (2007) *NORMA Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación*. México. Available at: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5285372](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5285372) (Accessed: 10 March

2021).

Du, L. *et al.* (2016) 'Determination of phthalate esters in teas and tea infusions by gas chromatography-mass spectrometry', *Food Chemistry*. Elsevier Ltd, 197, pp. 1200–1206. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.11.082.

Emma L. Bradley, Richard A. Burden, Karim Bentayeb, Malcolm Driffield, Nick Harmer, David N. Mortimer, Dennis R. Speck, J. T. & L. C. (2013) 'Exposure to phthalic acid, phthalate diesters and phthalate monoesters from foodstuffs: UK total diet study results', *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 30(4), pp. 735–742. doi: 10.1080/19440049.2013.781684.

FDA/ Nutrition, C. for F. S. and A. (2018) *Ingredients - Phthalates*. Center for Food Safety and Applied Nutrition. Available at: <https://www.fda.gov/cosmetics/productsingredients/ingredients/ucm128250.htm> (Accessed: 4 February 2019).

Félix-Cañedo, T. E., Durán-Álvarez, J. C. and Jiménez-Cisneros, B. (2013) 'The occurrence and distribution of a group of organic micropollutants in Mexico City's water sources', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 454–455, pp. 109–118. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.02.088.

Feng, Y.-L., Zhu, J. and Sensenstein, R. (2005) 'Development of a headspace solid-phase microextraction method combined with gas chromatography mass spectrometry for the determination of phthalate esters in cow milk', *Analytica Chimica Acta*, 538(1–2), pp. 41–48. doi: 10.1016/j.aca.2005.02.020.

Fierens, T., Servaes, K., *et al.* (2012) 'Analysis of phthalates in food products and packaging materials sold on the Belgian market', *Food and Chemical Toxicology*. Elsevier Ltd, 50(7), pp. 2575–2583. doi: 10.1016/j.fct.2012.04.029.

Fierens, T., Van Holderbeke, M., *et al.* (2012) 'Phthalates in Belgian cow's milk and the role of feed and other contamination pathways at farm level', *Food and Chemical Toxicology*. Elsevier Ltd, 50(8), pp. 2945–2953. doi: 10.1016/j.fct.2012.05.036.

García García, J. A., Reding Bernal, A. and López Alvarenga, J. C. (2013) 'Sample size calculation in medical education research', *Investigación en educación médica*, 2(8), pp. 217–224. Available at: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-50572013000400007&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-50572013000400007&script=sci_abstract&tlng=en).

Gaspar, T. V. *et al.* (2012) 'Guía nutricional de la carne', *Fundación española de la nutrición*, p. 23. Available at: <http://www.fedecarne.es/ficheros/swf/pdf/guiaNutricion.pdf> (Accessed: 15 January 2021).

Gibson, R. *et al.* (2007) 'Determination of acidic pharmaceuticals and potential endocrine disrupting compounds in wastewaters and spring waters by selective elution and analysis by gas chromatography-mass spectrometry', *Journal of Chromatography A*, 1169(1–2), pp. 31–39. doi: 10.1016/j.chroma.2007.08.056.

GOBIERNO DEL ESTADO MÉXICO (2009) *GACETA DEL GOBIERTNO DEL ESTADO DE MEXICO SUMARIO: PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DECRETO NUMERO 13,-POR EL QUE SE APRUEBA LE DECLARAT OF PODER EJECUTIVO DEL ESTADO.* Mexico. Available at: <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2009/nov193.PDF> (Accessed: 11 May 2020).

Guo, Z., Feng, Y. L. and Wang, J. (2019) 'A new strategy for non-targeted screening of phthalate metabolites using liquid chromatography-high resolution mass spectrometry', *International Journal of Mass Spectrometry*. Elsevier B.V., 443, pp. 46–52. doi: 10.1016/j.ijms.2019.06.003.

Ho, S.-M. *et al.* (2017) 'Environmental factors, epigenetics, and developmental origin of reproductive disorders', *Reproductive Toxicology*. Elsevier Inc., 68, pp. 85–104. doi: 10.1016/j.reprotox.2016.07.011.

Van Holderbeke, M. *et al.* (2014) 'Determination of contamination pathways of phthalates in food products sold on the Belgian market', *Environmental Research*, 134, pp. 345–352. doi: 10.1016/j.envres.2014.08.012.

INEGI (2010) *Población. Cuéntame de México., Cuentame.* Available at: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/default.aspx?tema=P> (Accessed: 12 January 2020).

INEGI (2015) *Población. Cuéntame de México., Población de México.* Available at: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/default.aspx?tema=P> (Accessed: 17 June 2020).

INPC (2017) *Canasta básica mexicana 2017 - El INPC | Inflación y Salario Mínimo, el INPC guía del consumidor.* Available at: <https://elinpc.com.mx/canasta-basica-mexicana/> (Accessed: 8 May 2020).

el INPC (2016) *Canasta básica mexicana 2016 Precios Canasta Básica 2016 Precios Canasta Básica Mayo 2016.* Available at: [elinpc.com.mx](http://elinpc.com.mx).

Itoh, H., Yoshida, K. and Masunaga, S. (2007) 'Quantitative identification of unknown exposure pathways of phthalates based on measuring their metabolites in human urine', *Environmental Science and Technology*, 41(13), pp. 4542–4547. doi: 10.1021/es062926y.

Kasper-Sonnenberg, M. *et al.* (2012) 'Levels of phthalate metabolites in urine among mother-child-pairs - Results from the Duisburg birth cohort study, Germany', *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. Elsevier GmbH., 215(3), pp. 373–382. doi: 10.1016/j.ijheh.2011.09.004.

Katsikantami, I. *et al.* (2016) 'A global assessment of phthalates burden and related links to health effects', *Environment International*, pp. 212–236. doi: 10.1016/j.envint.2016.09.013.

Kim, S. H. (2014) 'Phthalate exposure and childhood obesity', pp. 69–75.

Koch, H. M. *et al.* (2017) 'Phthalate metabolites in 24-h urine samples of the German

Environmental Specimen Bank (ESB) from 1988 to 2015 and a comparison with US NHANES data from 1999 to 2012', *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(2), pp. 130–141. doi: 10.1016/j.ijheh.2016.11.003.

Koch, H. M., Preuss, R. and Angerer, J. (2006) 'Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP): human metabolism and internal exposure - an update and latest results<sup>1</sup>', *International Journal of Andrology*, 29(1), pp. 155–165. doi: 10.1111/j.1365-2605.2005.00607.x.

Kuo, C.-C. *et al.* (2013) 'Environmental Chemicals and Type 2 Diabetes: An Updated Systematic Review of the Epidemiologic Evidence', *Current Diabetes Reports*, 13(6), pp. 831–849. doi: 10.1007/s11892-013-0432-6.

Laboratorio Nacional de Protección al consumidor PROFECO (2008) 56 *Consumidor • Agosto 2008*. Ciudad de México. Available at: [https://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est\\_08/56-63\\_papas.pdf](https://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_08/56-63_papas.pdf) (Accessed: 5 March 2019).

Li, X. *et al.* (2019) 'The structure–activity relationship (SAR) for phthalate-mediated developmental and reproductive toxicity in males', *Chemosphere*. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.02.090.

Lin, J. *et al.* (2015) 'Determination of free and total phthalates in commercial whole milk products in different packaging materials by gas chromatography-mass spectrometry', *Journal of Dairy Science*, 98(12), pp. 8278–8284. doi: 10.3168/jds.2015-10066.

Lorber, M. and Koch, H. M. (2013) 'Development and application of simple pharmacokinetic models to study human exposure to di-n-butyl phthalate (DnBP) and diisobutyl phthalate (DiBP)', *Environment International*. Elsevier B.V., 59, pp. 469–477. doi: 10.1016/j.envint.2013.07.010.

Mansilla A., M. E. (2014) 'Etapas del desarrollo humano', *Revista de Investigación en Psicología*, 3(2), p. 105. doi: 10.15381/rinvp.v3i2.4999.

Marcos, L. E. (2019) '#Expansión500 | Jumex, una cuestión de kilómetros', *Expansión*, July. Available at: <https://expansion.mx/empresas/2019/07/16/expansion500-jumex-una-cuestion-de-kilometros> (Accessed: 21 November 2020).

Matsumoto, I. S. U. O. (2002) 'Levels of Phthalates and Adipates in Processed Foods and Migration of Di-isononyl Adipate from Polyvinyl Chloride Film into Foods', *Journal of the Food Hygienic Society of Japan (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*, 3(June), p. 43.

Notimex (2019) *Consumo de carne aumenta 3.7% en México durante 2018: Comarcane | El Economista*. Available at: <https://www.economista.com.mx/empresas/Consumo-de-carne-aumenta-3.7-en-Mexico-durante-2018-Comarcane-20190226-0101.html> (Accessed: 21 October 2019).

Opportimes, R. (2018) *Las 32 plantas más importantes de Grupo Lala – EdairyNews, OPPORTIMES*. Available at: <https://www.opportimes.com/las-32-plantas-mas-importantes-de-grupo-lala/> (Accessed: 21 November 2020).

PlasticsEurope (2017) *Plásticos – Situación en 2017, Plastic the Facts 2017.(PEMRG). Conversio Market & Strategy GmbH*. Available at: [https://www.plasticseurope.org/download\\_file/force/1452/632%0A](https://www.plasticseurope.org/download_file/force/1452/632%0A).

Prada Carlos (2016) 'Los ftalatos UN PROBLEMA DE SALUD PÚBLICA QUE DEBE SER ABORDADO CON URGENCIA PARA PROTEGER A MUJERES EMBARAZADAS Y NIÑOS UNA PROPUESTA POLÍTICA', 1, p. 214. Available at: <https://www.hogarsintoxicos.org/sites/hogarsintoxicos.org/files/archivos/ftalatos.pdf>.

Quimica., U. A. del E. de M. F. de (2016) 'Programa de la Unidad de Aprendizaje Química Analítica. Ingeniería Química.' Toluca Estado de México, pp. 1–50. Available at: [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/70463/secme-2836\\_1.pdf?sequence=1](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/70463/secme-2836_1.pdf?sequence=1).

Schecter, A. *et al.* (2013) 'Phthalate Concentrations and Dietary Exposure from Food Purchased in New York State', *Environmental Health Perspectives*, 121(4), pp. 473–479. doi: 10.1289/ehp.1206367.

SCHETTLER, T. (2006) 'Human exposure to phthalates via consumer products', *International Journal of Andrology*, 29(1), pp. 134–139. doi: 10.1111/j.1365-2605.2005.00567.x.

Serrano, S. E. *et al.* (2014) 'Phthalates and diet: a review of the food monitoring and epidemiology data', *Environmental Health*, 13(1), p. 43. doi: 10.1186/1476-069X-13-43.

Sharpe, R. M. and Skakkebaek, N. E. (2008) 'Testicular dysgenesis syndrome: mechanistic insights and potential new downstream effects', *Fertility and Sterility*, 89(2), pp. e33–e38. doi: 10.1016/j.fertnstert.2007.12.026.

Sosa Baldivia, A. and Ibarra, G. R. (2017) 'La disponibilidad de alimentos en México: Un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050', *Papeles de Poblacion*, 23(93), pp. 207–230. doi: 10.22185/24487147.2017.93.027.

Swan, S. H. *et al.* (2015) 'First trimester phthalate exposure and anogenital distance in newborns', *Human Reproduction*, 30(4), pp. 963–972. doi: 10.1093/humrep/deu363.

Wang, Y. *et al.* (2019) 'A Review of Biomonitoring of Phthalate Exposures', *Toxics. Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 7(2), p. 21. doi: 10.3390/toxics7020021.

Wu, Y. *et al.* (2015) 'Diethyl phthalate', *Chemosphere*, 119, pp. 690–696. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.07.063.

## ANEXOS

---

**Encuesta para el estudio: Ftalatos de dialquilo en alimentos de consumo de la población infantil del Valle de Toluca.**

---

**I.- FICHA DE IDENTIFICACIÓN**

**Instrucciones de llenado**

**Folio** \_\_\_\_\_

Las preguntas deberán contestarse llenando los espacios o marcando con una **x** una o más opciones, según sea el caso. Le suplicamos que lea las instrucciones sobre el llenado de cada sección cuidadosamente. Por favor, responda con **letra de molde** y de la manera más completa posible. En donde existan opciones, elija la que más se acerque a su respuesta.

Fecha \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
día mes año

Nombre de la escuela \_\_\_\_\_  
 Escuela pública si \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

Dirección donde se realiza la entrevista

\_\_\_\_\_ Calle \_\_\_\_\_ CP \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Colonia \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_

Zona Rural \_\_\_\_\_ Urbana \_\_\_\_\_

**1.** ¿Qué relación tiene usted con la alimentación del niño?

\_\_\_\_\_ Prepara la comida **1**      \_\_\_\_\_ le da de comer **2**      \_\_\_\_\_ no tiene injerencia **3**

**2.-** Colonia y municipio donde habita el (la) niño (a) encuestado (a)

\_\_\_\_\_ Colonia \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_

**3.-** ¿Qué edad y talla tiene el niño en años cumplidos y meses?:

AÑOS \_\_\_\_\_ MESES \_\_\_\_\_ PESO (kg) \_\_\_\_\_ ALTURA (cm) \_\_\_\_\_ Niño (1) o niña (2) \_\_\_\_\_

**4.-** Nombre de la entidad de salud a la que acude regularmente o nombre del médico que lo atiende.

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**5.-** Mencione las enfermedades que ha padecido el niño/a

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## II. ALIMENTACIÓN

6. ¿Qué desayunó el (la) niño (a) el día de ayer? (Favor de colocar las porciones)

7. ¿Qué tomó como colación antes de la comida? (Favor de colocar las porciones)

8. ¿Que comió el (la) niño (a) del día de ayer? (Favor de colocar las porciones)

9. ¿Tomó alguna colación por la tarde? (Favor de colocar las porciones)

10. ¿Qué cenó el día de ayer? (Favor de colocar las porciones)

11. ¿Ingirió algún otro alimento durante el día de ayer? (Favor de colocar las porciones)

Por ejemplo, Golosinas, refrescos, otros alimentos.



### III. NUTRICIÓN

12.- ¿Con qué frecuencia consume los siguientes alimentos?

Alimento	Frecuencia de consumo							Tamaño de la porción	
	Nunca	1/mes	c/15 días	1/semana	2-3 semana	4-6 semana	Diario		Varias veces al día
1. Aceite para cocinar Marca:									
2. Atún Marca:									
3. Bolillo Donde lo compra:									
4. Pan dulce Marca o donde lo compra:									
5. Pan de caja Marca									
6. Cajeta Marca									
7. Chocolate en Polvo Marca									
8. Chocolate en barra Marca									
9. Concentrado de Pollo, Knorr Suiza Marca									
10. Galletas Marca:									
11. Gelatina Marca									
12. Huevo Marca									
13. Leche condensada Marca									
14. Leche en polvo Marca									
15. Leche evaporada Marca									
16. Leche pasteurizada Marca									
17. Leche bronca Donde la compra:									

Alimento	Frecuencia de consumo								Tamaño de la porción
	Nunca	1/mes	c/15 días	1/semana	2-3 semana	4-6 semana	Diario	Varias veces al día	
18. Pasta para sopa tipo( ) Marca									
19. Puré de tomate Marca									
20. Sardina Marca									
21. Tortillas de maíz Donde las compra:									
22. Pollo Marca Donde lo compra:									
23. Carne de cerdo Marca Donde lo compra:									
24. Carne de res Marca Donde lo compra:									
25. Avena Marca									
26. Cereal en hojuelas Marca									
27. Aguacate Hass									
28. Guayaba									
29. Jícama									
30. Limón con semilla									
31. Manzana Amarilla									
32. Manzana Roja Starking									

Alimento	Frecuencia de consumo								Tamaño de la porción
	Nunca	1/mes	c/15 días	1/semana	2-3 semana	4-6 semana	Diario	Varias veces al día	
33. Papaya									
34. Naranja									
35. Plátano Tabasco									
36. Sandía									
37. Toronja									
38. Acelga									
39. Ajo									
40. Calabacita italiana									
41. Cebolla blanca									
42. Chayote sin espina									
43. Chícharo vaina									
44. Chile poblano									
45. Chile serrano									
46. Cilantro									
47. Col blanca									
48. Ejote									
49. Espinaca									
50. Lechuga romana									
51. Jitomate saladette									
52. Nopal									


Alimento	Frecuencia de consumo								Tamaño de la porción
	Nunca	1/mes	c/15 días	1/semana	2-3 semana	4-6 semana	Diario	Varias veces al día	
53. Papa Blanca									
54. Pepino									
55. Perejil									
56. Tomate verde									
57. Zanahoria									
58. Arroz									
59. Frijol negro									
60. Garbanzo									
61. Haba									
62. Lenteja									
63. Mojarra Tilapia									
64. Sierra entera									
65. Chorizo									
66. Crema de leche Marca									
67. Jamón Marca									
68. Salchicha Marca									
69. Mantequilla Marca									
70. Queso fresco Marca									

Alimento	Frecuencia de consumo								Tamaño de la porción
	Nunca	1/mes	c/15 días	1/semana	2-3 semana	4-6 semana	Diario	Varias veces al día	
71. Queso Oaxaca Marca									
72. Yogurt Marca									

13. ¿Dirección dónde acostumbra a realizar sus compras? (si son varias tiendas, le agradeceremos especificarlas)

- a) Supermercado o tienda de conveniencia
- b) Mercado
- c) Miscelánea
- d) Panadería
- e) Verdulería
- f) Pollería
- g) Carnicería
- h) Pescadería
- i) Otro

¡Le agradecemos su disposición para realizar esta encuesta!

Toxicology Reports  
Available online 29 October 2020  
In Press, Journal Pre-proof 

# Phthalates in the diet of Mexican children of school age. Risk analysis

María Magdalena García-Fabila <sup>a, 1</sup> , Araceli Amaya Chávez <sup>a, 1</sup> , Juan Carlos Sánchez Meza <sup>a, 1</sup> , Lilia Patricia Bustamante Montes <sup>b, 1</sup> , Alicia Reyes García <sup>a, 1</sup> 

[Show more](#) 

<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.10.020>

[Get rights and content](#)

Under a Creative Commons [license](#)

[open access](#)

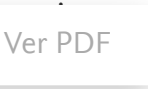
## Abstract

Phthalates are widely used as plasticizers, additives, or solvents. Its extensive use has led to environmental and food contamination, which implies continuous population exposure. The objective of this work was to determine the probability of health risk of Mexican children exposed to phthalates through the consumption of contaminated food. A survey was applied to 384 Mexican school-age children (between 6 and 12 years old), to find out the type of food they eat most frequently, based on this, a research was made to know the concentration of phthalates contained in these foods. The daily intake had been calculated with the concentration of phthalates reported in food, obtaining: DEHP (19.50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  body weight/day), DnBP (5.52  $\mu\text{g}/\text{kg}$  body weight/day) y for DEP (1.12  $\mu\text{g}/\text{kg}$  body weight/day). The hazard index (HI) for DEP y DEHP was 0.49 to 42.5 for internal organs damage reported. HI for reproductive health damage due to exposure to DnBT and DEHP was of 0.04 to 5.58, so that there is a high probability that children's health is at risk. Therefore, it is necessary to a quantitative analysis of phthalates in food consumed in Latin American countries and establish the TDI of phthalates especially, to DEHP, which was obtained the higher HI.

## Keywords

## 1. Introduction

"Phthalates" are synthetic compounds derived from phthalic acid [1] consisting of an aromatic dicarboxylic acid where carboxy groups were found in adjacent carbons in a benzene ring [2]. These compounds have used for more than 80 years [3], as industrial plasticizers, incorporating them into the manufacturing process of food packaging, medical devices [[4], [5], [6]], toys, bottles and pacifiers [2,7], etc. They were also used as additives or solvents in shampoos, perfume, nail polishes, cleaning products, paints, adhesives and, pharmaceutical formulations [[7], [8], [9], [10]]. The use of containers to keep and pack food has been the primary source of phthalate migration [[11], [12], [13]]. Had been reported the presence of phthalates in food matrices such as dairy and meat in concentrations of 2.7 to 3350  $\mu\text{g}/\text{kg}$  of fat [14], that when consumed by man constitute an important essential source of chronic exposure. There are 18 dialkyl phthalates compounds reported as plasticizers [15,16], the most frequent in foods are dimethyl phthalate (DMP), diethyl phthalate (DEP), di-isobutyl phthalate (DiBP), dibutyl phthalate (DBP), butyl benzyl phthalate (BBzP), diethyl hexyl phthalate (DEHP), dicyclo hexyl phthalate (DCHP) and di n-octyl phthalate (DnOP). The DEHP has been the one with the highest reported concentrations in all food groups (from 718 to 11,100 /g / Kg) [[11], [12], [13], [14],[17], [18], [19],[20], [21], [22], [23]].

Humans are exposed throughout life to different concentrations of phthalates, by dermal route using products that contain them as packaging and toys; by intravenously route using blood or intravenous tube fluids for packaged renal dialysis, by airway route in the workplace where DEHP is released; by intake route when consuming or using well water near  by the consumption of food packaged in plastic, (fatty foods, dairy, fish, shellfish and, oils). Food phthalates exposure is one of the most important in children an intake of 4.68  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$  was reported and in adults 1.03  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$  [24].

After entering the body, the phthalic diesters are hydrolyzed to mono ester (more bioactive form) by esterase or lipases present in the salivary gland, intestine and, liver [25]. The aliphatic chains of phthalates undergo hydroxylation and oxidation reactions (type s-, s<sup>-1</sup> and/or oxidation). In phase two of metabolism are formed conjugated with hydrophilic glucuronide, with the participation of the enzyme UDP-glucuronosyl transferase [25,26]. The elimination of compounds is through biological fluids mainly by urine, feces and, sweat, they have also been detected in amniotic fluid, placental tissue, hair, nails, semen and breast milk [[27], [28], [29], [30]].

[22] reviewed of works related to the content of phthalates in food, finding higher concentrations of DEHP ( $\geq 300$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in poultry meat and dairy products up to 192.2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (ice cream, cream and,

Studies in different countries mention the relationship between food intake and phthalate exposure. In children between 6 and 11 years old, an association has been reported between the consumption of school lunch and the concentration of urinary phthalates of American children [31]. On the other hand, in a study in Taiwan, they found urinary concentrations of six different phthalates (DEP, DiBP, DnBP, BBzP, DiNP and DEHP), in boys aged 7 to 12 years old with mediums of 4.79  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/d and in girls of 2.62  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/d, attributing exposure to food intake [23]. The cumulative hazard index was greater than one, calculated with the reference dose for reproductive and hepatic damage [23]. In Belgium, the calculation of the daily intake (DI) of five phthalates (DEP, DnBP, DiBP, BBzP, DEHP) from quantification of urinary metabolites, reported values higher than the detection limit < LOD and 59.65  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/d, observing higher values for children than for adults [32]. This study suggests that for DEHP food intake is the main route of exposure. In 2019 a review of biomonitoring of phthalates was reported [33]. They reviewed studies in different countries, finding that the most dominant in the urine of children were through their primary metabolites mono methyl phthalate (MEP), Mono butyl phthalate (MBP), and DEHP, the latter was the compound with the highest concentration. This study performed an estimated daily intake (EDI) through the levels excreted in the urine, mentioning that the EDI max for DEHP and DBP was 8 and 0.8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/d for the population of Taiwan, where the tolerable daily intake (TDI) values were exceeded by one or two orders of magnitude [33].

There are no studies that report the hazard index derived from the exposure of phthalates in food in México nor Latin America, so this work has the purpose of calculating the hazard index for phthalate exposure, taking as reference the reported content of these compounds in food, ingested by a Mexican child population.

[Ver PDF](#)

## 2. Material and methods

### 2.1. Concentrations of phthalates in food

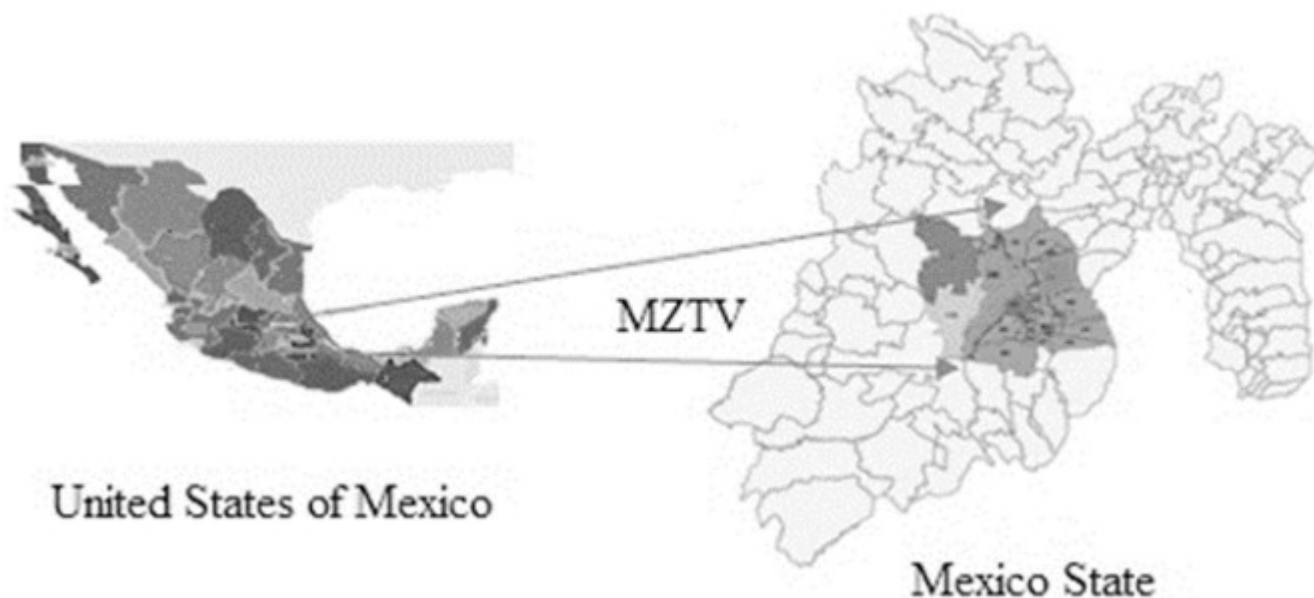
To establish the concentrations of phthalates in different foods, studies of dialkyl phthalates in food, development of analytical methodologies, and epidemiological studies that mentioned the presence of these compounds worldwide were reviewed. The research began with a bibliographic review of the development of analytical methodologies and epidemiological studies, which mention the presence of dialkyl phthalate. To search around the world, the Scopus, Mendeley, and Google Scholar platforms were used, the keywords were "Phthalates", "phthalates + foods", "Phthalates in Food", "Exposure to Phthalates", in journals published between 2001 and August 2019. The search served to establish the concentrations of phthalates in different foods.

Documents that used specific analytical techniques with analytical quality controls were included.



## 2.2. Mexican children's diet

To knowledge the children's diet in central Mexico, this work studied the Metropolitan Zone of the Toluca Valley (MZTV), State of Mexico, second national place of population density, with coordinates  $19^{\circ} 21' 15'' \text{N}$   $99^{\circ} 37' 51'' \text{W}$ . The ZMVT is composed of 15 municipalities (Fig. 1), with 2,116,506 inhabitants, of which 284,504 are children between 6 and 12 years old [34].



[Download](#) : [Download high-res image \(391KB\)](#)

[Download](#) : [Download full-size image](#)

[Ver PDF](#)

Fig. 1. Metropolitan Zone of the Toluca Valley, (MZTV).

School-age children (6 to 12 years old) were chosen as the study population; this age, the community begins to make decisions about what they eat at home and school, and they have the possibility of make small purchases mainly of packaged and / or processed foods. The healthy eating habits are formed and observing them properly leads to a reduction in the risk of overweight, obesity and of non-communicable diseases in later stages of life [35].

A questionnaire [annex one] was elaborated, composed of three sections: 1) an identification form, and general data, 2) a 24-h consumption section and 3) a food consumption frequency section based on the essential Mexican diet [36]. The equation 1, describes the sample size calculation A questionnaire [annex one] was elaborated, composed of three sections: 1) an identification form,

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1)+Z^2pq} \quad (1)$$

Where: N = population size (284,503.8); Z = 95% critical Z value (1.96). d = absolute precision level (0.05). p = proportion of the population that will accept answering the questionnaire (0.5); q = proportion of the population that will not accept answering the questionnaire (0.5) [37,38], obtaining a sample size of n = 384.

The questionnaire was applied to children between 6 and 12 years old they attend primary schools located in the five municipalities with the highest population of the ZMVT (Almoloya de Juárez, Metepec, Lerma, Toluca, and Zinacantepec), previous authorization of the dean schools. The children answered the questionnaire with their parents.

### 2.3. Dose of exposure by ingestion

To calculate the dose of phthalate exposure (DEP, DBP and DEHP) per intake (EDI in mg/kg bw-day); Equation 2 was used for each food.

$$EDI_{food} = \frac{C \times TI \times EF}{bw} \quad (2)$$

Where: C = phthalate concentration in the food, TI = Intake rate, bw = body weight (30.1 kg, average weight obtained from the questionnaires) and exposure factor (EF) that was calculated using equation 3.

$$EF = \frac{\text{exposure frequency} \times \text{exposure duration}}{\text{exposure time}} \quad (3)$$

Ver PDF

### 2.4. Calculation of Hazard quotient (HQ) and Hazard index (HI)

To determine the probability of an adverse effect in the study population, the exposure dose of each phthalate was estimated by food consumption ( $EDI_{oral}$ ). With these data, the hazard quotient ( $HQ_{oral}$ ) was calculated for a critical non-cancer effect using equation 4.

$$HQ_{oral} = \frac{EDI_{oral}}{RfD_{oral}} \quad (4)$$

The oral reference dose ( $RfD_{oral}$ ) according to the EPA, is an estimate of the daily intake of a xenobiotic by the human population (including sensitive subgroups) throughout their lives without having a considerable risk of harmful effects, this value is usually derived from a No Observed Adverse Effect Level (NOAEL), Lowest Observed Adverse Effect Level (LOAEL) or the lowest value of the 95% confidence interval of the lower dose at which a measurable adverse effect is observed in the dose response (BMDL) relationship [[39], [40], [41]] with uncertainty factors that reflect the limitations of the research data where they come from [42]. Oral Reference doses ( $RfD$  in mg/kgbw-day) were obtained from the Agency for Toxic Substances and Disease Registry

On the other hand, [45] calculated an RfD of 0.3 mg/kg-day for DBP related to the decrease or absence of male reproductive organs in Sprague-Dawley rats with a BMDL10 of 27 mg/kg-day.

For the DBP, the RfD of 0.1 mg/kg/day obtained from a NOAEL of 125 mg/kg-day and LOAEL of 600 mg/kg-day was considered due to increased mortality in rats, incorporating an uncertainty factor of 1,000. [45] and RfD of 0.3 mg/kg-day related to decreased fetal testosterone in Sprague-Dawley rats pregnant with a NOAEL of 30 mg/kg-day and a LOAEL of 50 mg/kg/day [46].

For the DEP, the RfD of 0.8 mg/kg/day based on the decrease of the growth rate and the alteration of the organ weight in rats with an uncertainty factor of 1,000 [47].

The hazard index (HI) was obtained with the sum of all hazard quotients for a specific critical effect, using equation 5. Values greater than one mean that there is a probability of presenting the harmful effect from the consumption of food contaminated with phthalates in the exposed population [44].

$$HI = HQ_{oralDEP} + HQ_{oralDBP} + HQ_{oralDEHP} \quad (5)$$

### 3. Results

#### 3.1. Concentration phthalates in food

Reports of contamination foods were found with dialkyl phthalates (DEP, DBP and DEHP) and were grouped into 8 categories that correspond to the basic Mexican basic diet [36,48]: 1.

Groceries, 2. Oils and fats, 3. Dressings and sauces, 4. Poultry and meat, 5. Cereals :  
Fruits, vegetables and vegetables, 7. Fish and seafood and 8. Sausage and dairy products

Ver PDF

Fifteen studies that were found in the search period including [21] and [22]. These authors include more than 35 studies that report concentrations of phthalates in foods typically consumed by the general public, used their information of phthalates, and some of the original sources were reviewed. The concentrations of DEP, DBP and DEHP were identified for each food.

DEHP was the compound that presented the highest concentration, in all the cases reported, the foods with the highest content were: ham, oils, and fats followed by milk cream, condiments, cheese and poultry, with average concentrations per food of 710 a 1378.2 µg/kg, [Table 1](#).

Table 1. Average concentrations and intervals of DEP, DBP and DEHP in µg/kg, by food category.


[Outline](#)

[Download](#)
[Share](#)
[Export](#)

A	Bread	10	5.2	0	50	41.9	0	5130	318	0	1960
Groceries	<b>Eggs</b>	4	1.9	0	11.8	1.6	0.6	100	101	0	600
	<b>Juice</b>	3	0	0	0	10.75	0	560	69.8	0	1700
	<b>Drinks alcohol free</b>	5	18	0	90	1.23	0	190	15.4	0	110
	<b>Bottled water</b>	8	0.01	0	0.4	0.47	0	2	4.22	0	30
<b>AG</b>	oils, butter and fats	11	14.8	0	180	603.7	0	10600	1299	0	11900
AS	nuts and spreads	3	5.02	0	23.3	82.1	43	17460	307.3	143	19860
	<b>seasonings</b>	4	42.39	0.11	84	47.65	0.81	155	748.2	5	2154
B Meat	Chicken	7	3.68	0	67.3	23	0	200	710	2.6	720
	<b>Beef</b>	8	1.6	0	8.9	260.8	0	6200	198.4	0	2500
	<b>Pork</b>	9	1.21	0	25.7	7.14	0	300	279.4	0	3700
C Cereals and tubers	Cereals and Cereal Products	12	42	0	2200	150.4	0	2100	281	0	4420
	<b>Pasta, Noodles and Rice</b>	7	1.2	0	22.4	21.1	0	360	74.9	0	761.6
D Fruits and Vegetables	Vegetables and Vegetables Products	11	2.31	0	9	10.82	0	630	94.7	0	2200
	<b>Fruits and fruit products</b>	10	10.2	0	730	18.7	0	120	87.5	0	1200
<b>E</b>	<b>Fish and seafood</b>	9	3.2	0	340.3	24.98	0	500	250.2	0	5933
F Delicatessen and dairy products	Yogurt	8	0.45	0	1.9	1.7	0	5.8	47.16	0	192.2
	<b>Ice cream</b>	6	0.35	0	1.9	0.72	0	4.8	309.4	10.2	390
	<b>Cheese</b>	8	12.4	0	271.9	105.5	0	513	742.5	0	550
	<b>Milk</b>	11	1.75	0	15.5	15.36	0	225.8	43.19	0	108.6
	<b>Cream</b>	6	1.57	0	5.6	240.7	0	350.6	784.28	180	1400

Ver PDF

☰ Outline  Download Share Export

<b>Ham</b>	3	0.59	0.2	0.55	73.6	0.23	147	1378.2	5.5	3740
<b>Sausage</b>	3	0.55	0.2	0.59	0.97	0.7	1.5	121.03	3.7	300
<b>Chorizo</b>	1	-	-	-	0.27	1.11	3.71	2.14	0.27	2.14

Source: ([14,70,71], [12,[20], [21], [22],[72], [73], [74]]). min. minimum value reported; max. maximum value reported.

The DBP has average concentrations of 603.7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  in fats and oils, it should be mentioned that the intervals found are very wide, in the case of this type of food the maximum value was 17.6 times greater than the average value. DBP has average concentrations of 603.7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  in fats and oils; it is important to mention that the range found are very wide, in the case of this type of food the maximum value was 17.6 times greater than the average value.

It is worrying that processed cereals of high consumption by the children of the Mexican population have values up to 2100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , in products made in countries such as the United States, Germany, China, Japan, or Canada.

Processed cereals produced in countries such as the United States, Germany, China, Japan, or Canada, have values up to 2100  $\mu\text{g} / \text{kg}$ , and children of the Mexican population, this is worrying. The DEP is the compound that was found with the lowest concentrations reported in food. The content ranges from 0 to 42.39  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , although the maximum concentrations reported were 2200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  in cereals and bakery products.

Ver PDF

### 3.2. The diet of Mexican children

**Table 2** integrate the results of the consumption of each food and its contribution of phthalates per day. The foods of greater consumption by the children of school age (from 6 to 12 years) of the MZTV, correspond to six categories from the eight categories selected and the phthalates contents were: groceries (1.72 kg/day), fruits, vegetables and vegetables (0.72 kg/day), cereals and tubers (0.65 kg/day), sausage and dairy products (0.576 kg/day), meat products (0.18 kg/day) and fats and oils (0.005 kg/day). The fried foods were considered in the calculation of the daily intake of fats and oils, due to their high oil content.

Table 2. Daily intake of phthalates per food.

			DEP average	DBP average	DEHP average	DEP	DBP	DEHP
A	Bread	0.23	5.2	41.9	318.0	1.2	9.6	72.7
	<b>Egg</b>	0.13	1.9	1.6	101.0	0.2	0.2	13.1
	<b>Water</b>	1.00	0.0	0.5	4.2	0.0	0.5	4.2
	<b>Soda</b>	0.25	18.0	1.2	15.4	4.5	0.3	3.9
AG	Cooking oil	0.005	14.8	603.7	1299.0	0.1	3.0	6.5
	<b>Fried food</b>	0.05	NR	14.1	111.6	0.0	0.8	6.1
B	Chicken	0.18	3.7	23.0	710.0	0.7	4.2	129.6
C	Pasta	0.20	1.2	21.1	74.9	0.2	4.2	15.0
	<b>Cereals</b>	0.46	42.0	150.4	281.0	19.1	68.4	127.9
D	Fruits	0.63	10.2	18.7	87.5	6.4	11.7	54.7
	<b>Vegetables</b>	0.10	2.3	10.8	94.7	0.2	1.1	9.5
F	Pasteurized milk	0.375	1.8	15.4	43.2	0.7	5.8	16.2
	<b>Yogurt</b>	0.200	0.5	1.7	47.2	0.1	0.3	9.4
	<b>Milk cream</b>	0.001	1.6	240.7	784.3	0.0	0.2	0.8

Ver PDF

Source: ([14,70,71,75], [12,20,21]; [22]; [[72], [73], [74],76]). NR. not reported.

The foods of higher consumption by the children of school age (from 6 to 12 years) of the MZTV correspond to six categories from the eight categories selected, and the phthalates contents were: groceries (1.72 kg/day), fruits, vegetables and vegetables (0.72 kg/day), cereals and tubers (0.65 kg/day), sausage and dairy products (0.576 kg/day), meat products (0.18 kg/day) and fats and oils (0.005 kg/day). The fried foods were considered in the calculation of the daily intake of fats and oils, due to their high oil content. [Table 2](#) integrates the results of the consumption of each food and its contribution to phthalates per day.

The hazard quotient ([Table 3](#)) was calculated considering that the food was ingested 365 days a year. The average body weight of a child between 6 and 12 years old, obtained from the surveys, was 31.3 kg and considering the reference doses reported by the EPA and ATSDR.

Category	EDI average			EDI maximum		
	DEP	DBP	DEHP	DEP	DBP	DEHP
A	0.19	0.34	2.99	1.14	39.34	18.59
AG	0.02	0.99	2.26	0.29	16.95	19.68
B	0.02	0.13	4.13	428.85	1543.87	1522.43
C	0.62	2.31	4.55	32.04	32.74	68.93
D	0.22	0.44	2.35	14.59	6.40	37.92
F	0.03	0.27	1.14	0.20	2.76	3.27
<b>Total</b>	1.1	4.21	17.42	477.11	164.06	1670.82
HQ <sub>org</sub> <sup>*</sup>	0.001	NC	0.87	0.6	NC	83.54
HI <sub>org</sub> <sup>*</sup>	<b>0.871</b>			84.14		
HQ <sub>fer</sub> <sup>**</sup>	NC	0,01	0,06	NC	5.47	5.57
HI <sub>fer</sub> <sup>**</sup>	<b>0.07</b>			11.04		

\*

HQ<sub>org</sub> hazard quotient for alterations in internal organs.

\*\*

HQ<sub>fer</sub> hazard quotient for fertility effects. NC = not calculated.

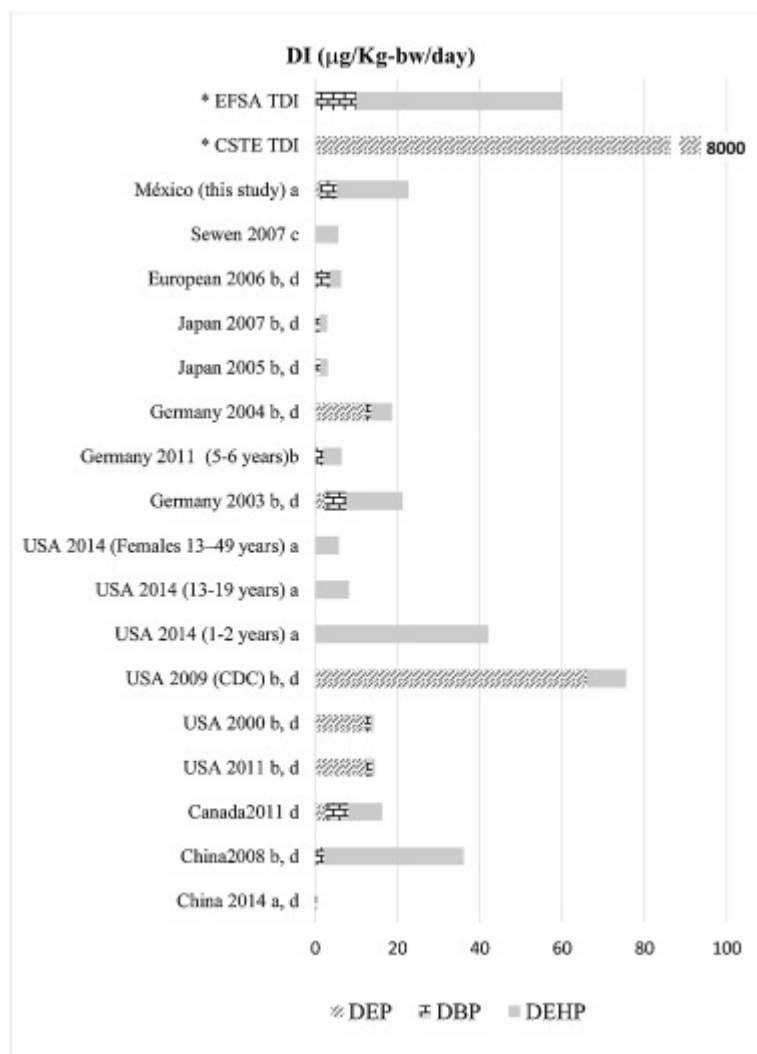


The average body weight of a child between 6 and 12 years old, obtained from the surveys, was 31.3 kg and considering the reference doses reported by the EPA and ATSDR. The hazard quotient was calculated considering that the food was ingested 365 days a year, [Table 3](#).

The estimated average daily intake in this study was higher for the DEHP 17.42  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day, followed by the DBP 4.21  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day and the DEP 1.1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw / day, results similar to those of [49] who calculated a daily intake of 13.8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day for DEHP, 5.2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day for DBP and 2.32  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day for DEP in a general German population, their study calculated the intake using urinary metabolite excretion factors. In 2011 Koch reported a study where he analyzed a German community of children from 5 to 6 years old through a cumulative risk study, obtaining an intake dose of 4.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day for DEHP and 1.9  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day for the DBP, the DEP was not

☰ Outline  Download Share Export

µg/kg bw/day), 0.000 µg/kg bw/day for DEP and 0.001 µg/kg bw/day for DBP, this study shows the higher exposition of DEP, even so within the values accepted by the CSTE. Serrano in 2014 calculated the DI for the DEHP using a similar methodology like this study using the reported concentrations of phthalates in food; they observed that the populations of children are exposed to concentrations of 5.1 to 7.4 times higher than those of adolescents or women of reproductive age respectively. Other studies related to DI phthalates from different countries will be compared in Fig. 2.



Ver PDF

Download : [Download high-res image \(285KB\)](#)

Download : [Download full-size image](#)

Fig. 2. Daily intakes (DI) of DEP, DBP, and DEHP in different countries.

a. Daily intake calculated from the concentrations in media; b. Daily intake calculated from urinary metabolite; c. Daily intake calculated by the ACC-humanmodel; d. Daily intake calculated for the general population; DEP. Diethyl phthalate; DBP. Dibutyl phthalate; DEHP. Di-2 etyl hexyl



Source: ([61], [62], [63], [64], [65], [66]), [15,49,52,67], [22,50,68,69]).

The exposure of each population is defined by the habits of local food consumption, although the food can come from anywhere of the world. The exposures reported for the United States of DEP are greater than those estimated for Mexico and the low exposure in 2014 in China is surprising, the reason can be that the country has regulations related to the use of phthalates in food packages. [52].

The European Food Safety Authority (EFSA) considers a tolerable daily intake (TDI) of 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day for DEHP and 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day for DBP [33]. The EU Scientific Committee for Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE) reports a TDI of 37  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day for DEHP and 8000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bw/day for DEP for the general population. Considering these data, the IDE in this study for DEHP, DBP, and DEP is within acceptable parameters taking account of the average calculated values. On the other hand, when the maximum values reported in food by different studies were considered, higher daily intakes of phthalates are observed (Table 3), which implies a risk for the population that consumes them, especially in the case of DEHP. The maximum intake may be 45 times higher than the suggested concentration of DEHP by the CSTE or 33.4 times higher than indicated by the EFSA. In case of DBP if the maximum value is ingested, this may represent 16.4 times higher than the recommended concentration for this compound by the EFSA.

[29] reported a review of documents about the toxicity of phthalates, presenting 13 studies carried out between 2001 and 2014, observing that the trend between the values of daily intake (DI) throughout this period is harmful for the DEHP, Katsakantami et al., suggest that strict regulations on the use of phthalates in various countries have promoted the decrease

Ver PDF

The average hazard quotient HQ calculated for the DEHP, DBP, and DEP do not represent values higher than the unit, so it can be considered that there is no risk of food intake in the MZTV (Table 3). However, the HQ calculated with the maximum phthalate values reported are above the unit for the DEHP and the DBP, except for the DEP.

The Hazard index was calculated for two potential effects, the first damage on internal organs  $\text{HI}_{\text{org}}^* = 0.871$ , obtaining a maximum value of 84.14 the intake of food contaminated with DEP and DEHP. The second for reproductive health effect with an  $\text{HQ}_{\text{fer}} = 0.07$  with a maximum value of 11.04 calculated the intake of food contaminated with DBP and DEHP in Mexican children of school age. [44], mentions that a value less than the unit of HI means that it is unlikely that the adverse effects of exposure to chemicals will be manifested in the population. The HI values between 1 and 100 indicated that there is a possibility that adverse effects will be observed. The average values calculated for HI do not exceed the unit, but the maximum values are between 1 to 100, indicating that there is a health risk for Mexican children.

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

with the highest concentrations of DEP, DBP, and DEHP, [Table 1](#). The oils usually are extracted by extrusion of hot or cold vegetable seeds [53] and butter is a process in which the fattiest part of milk is getting [54]. These oily fractions could extract phthalates from containers or hoses during their production or storage process due to their lipophilicity ( $K_{ow}$  from 2.47 to 5.03) [43,45,47] and other factors such as temperature and the contact time.

One of the foods with the highest infant consumption are cereals ([Table 2](#)). According to the surveys applied, Mexican children consume an average of 0.66 kg of cereals per day. In this type of food, concentrations between zero and 4420  $\mu\text{g} / \text{kg}$  of DEHP were found; the highest concentration was reported in North America (Serrano. et al., 2014). Likewise, this group presented the highest levels of DEP between zero and 2200  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , concentration reported in Canada (Serrano. et al., 2014), so monitoring in production, transport, and storage of this food are necessary to prevent health risk to children.

DEHP is the compound that was reported in all the studies analyzed, in all food groups and with the highest concentrations, mainly in chicken > cereals > bread, [Table 2](#), these foods are the most consumed by children. Exposure to DEHP is associated with gynecomastia in boys, premature onset of puberty in girls and attention deficit hyperactivity disorder [8,26,33,[55], [56], [57]].

In the present study, the HQ was calculated by taking the reference doses reported by the EPA for effects on internal organs produced by DEP and DEHP ( $HQ_{org}$ ) and the values for fertility effects produced by DBP and DEHP ( $HQ_{fer}$ ), for estimation of HQ the RfD reported by [44] was used in this work. The calculated values of HI represent a risk for oral exposures at high concentrations of DBP and DEHP in terms of reproductive health and effects on internal organs due to the intake of food contaminated with DEP and DEHP. The hazard index estimate has been calculated by calculating the hazard quotient HQ for a specific effect, such as the androgenic damage reported by [23] for a Taiwanese population. These authors observed  $HQ_{fer}$  with values higher than one for children between 7 to 12 years for six phthalates, and subsequently, the HI of liver damage was calculated for BBzP, DiNP, and DEHP and reproduction for DBP, DiBP, DEHP and BBzP observing values above one in all cases, this study considered a severe exposure to DBP, DiBP and DEHP in Taiwan especially in young children. [32], estimated exposure with urinary metabolites in children from 1 to 12 years and adults from 13 to 83 years observing variations when calculating HQ used the TDI or the RfD. The differences in  $HI_{TDI}$  (0.55 to 2.80) were 3 to 4 times greater than with  $HI_{RfD}$  (0.16 to 0.74), so to make comparisons the calculation will have to be homologated, in general it is mentioned that the HI values were higher in children than in adults In studies carried out in Europe are mentioned that between 15 and 30% of German or Danish children the hazard index was higher than one [50,58,59].

Ver PDF

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

the regulation of limits of these compounds to avoid damage to children's health, especially to DEHP, that it is present in all food groups with the highest concentrations.

Also, it is important to develop studies related to the practices of food handling. Food handling is done with plastic gloves to avoid microbial contamination; however, this also implies contamination of the final food as observed in China [52]. It has been reported that the use of phthalates has reduced since 2010, using alternative plasticizers in materials used for walls or ceilings, [60] reviewed the use of 20 alternative plasticizers to phthalates in plastic materials, some of them made to from vegetable oils, while others are synthetic esters, among their results.

Phthalates are compounds with extensive use, the lack of regulations allows them to be used in any process and can be incorporated into any product, whether associated with food or not, so the review and control of production methods, packaging materials and the consumption of unprocessed foods are points that should be considered for the prevention of health risks.

## 5. Conclusions

The consumption of food with high-fat content such as oils, butter, and fried foods increase the probability of phthalate intake, especially DEHP, DBP, and DEP.

Bread and cereals are a source of exposure to phthalates such as DBP and DEHP, given the high frequency of consumption and their reported phthalate content.

The estimated daily intake of phthalates, calculated for MZTV children between 6 and 12 years old, with the concentration of phthalates consulted in the bibliography was higher (19.5031  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ), followed by DBP (5.5197  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ) and DEP (1.12  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ).

Ver PDF

The Hazard Index obtained for the critical effects of damage to internal organs are in the range of 0.49 to 42.52 for DEP and DEHP. For reproductive health effects between 0.04 and 5.58, for DBP and DEHP, which indicates that children who consume food contaminated with the maximum daily intakes calculated for this type of phthalates may be at risk.

Phthalates are compounds with extensive use, the lack of regulation allows them to be used in any process and can be incorporated into any product associated with food

The review and regulation of production methods, packaging materials, and consumption of unprocessed foods are points that should be considered for the prevention of health risks in Latin American countries.

## Author statement

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

Analysis and/or interpretation of data: A. Amaya Chávez, M.M. García Fabila, L.P. Bustamante Montes. J. C. Sánchez Meza, A. Reyes García.

Drafting the manuscript: M.M. García Fabila, A. Amaya Chávez.

Revisiting the manuscript critically for important intellectual content: L.P. Bustamante Montes. J. C. Sánchez Meza, A. Reyes García.

Approval of the version of the manuscript to be published (the names of all authors must be listed): A. Amaya Chávez, M.M. García Fabila, L.P. Bustamante Montes. J. C. Sánchez Meza, A. Reyes García.

## Declaration of Competing Interest

The authors report no declarations of interest.

## Acknowledgements

To the COMECYT-EDOMEX scholarship program by Postgraduate Scholarship. To the Project "Prediction of exposure to phthalates by the food route of the children population of the Toluca Valley, State of Mexico". SIEA code 4657 / 2019SF. To Principals of the ZMVT primary who agreed to apply the survey. To Professor Annany Penaloza and Dra. Rosa Maria Gomez Espinoza by the collaboration in translation of the document.

[Ver PDF](#)

[Recommended articles](#)

[Citing articles \(0\)](#)

## References

- [1] US EPA  
**Phthalates ActionPlan - 2012-03-14 1–16**  
[https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/phthalates\\_actionplan\\_revised\\_2012-03-14.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/phthalates_actionplan_revised_2012-03-14.pdf) (accessed 05.10.2018 (2012))  
[Google Scholar](#)
- [2] L.P. Bustamante-Montes, B. Lizama-Soberanis, F. Vázquez-Moreno, M.M. García-Fábila, K.S. Corea-Téllez, G. Olaiz-Fernández, V.H. Borja-Aburto  
**Infant exposure to potentially toxic plasticizers in products for oral use**  
*Salud Publica Mex.* (2004), p. 46


 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

### **Metabolism of phthalates in humans**

Mol. Nutr. Food Res., 51 (2007), pp. 899-911, [10.1002/mnfr.200600243](https://doi.org/10.1002/mnfr.200600243)

[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [4] T. Schettler, N.E. Skakkebaek, D. De Kretser, H. Leffers  
**Human exposure to phthalates via consumer products**  
Int. J. Androl., 29 (2006), pp. 134-139, [10.1111/j.1365-2605.2005.00567.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2005.00567.x)  
[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [5] J.I. Cacho, N. Campillo, P. Viñas, M. Hernández-Córdoba  
**Determination of alkylphenols and phthalate esters in vegetables and migration studies from their packages by means of stir bar sorptive extraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry**  
J. Chromatogr. A, 1241 (2012), pp. 21-27, [10.1016/j.chroma.2012.04.018](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.04.018)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [6] C. for F.S. and A. Nutrition  
**Ingredients - Phthalates [WWW Document]**  
URL <https://www.fda.gov/cosmetics/productsingredients/ingredients/ucm128250.htm>  
(accessed 02.04.19)  
(2018)  
[Google Scholar](#)

- [7] C. Prada  
Los ftalatos. Un problema de salud pública que debe ser abordado con urgete  
proteger a mujeres embarazadas y niños una propuesta política, 1 (2016), p. 214  
(accessed 03.10.2017)

Ver PDF

- [8] R. Hauser, S. Duty, L. Godfrey-bailey, A.M. Calafat  
**Environmental Medicine Case Report Medications as a Source of Human Exposure to Phthalates**  
Environ. Health Perspect., 112 (2004), pp. 751-753, [10.1289/ehp.6804](https://doi.org/10.1289/ehp.6804)  
[View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [9] J.D. Meeker, S. Sathyanarayana, S.H. Swan  
**Phthalates and other additives in plastics: human exposure and associated health outcomes**  
Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci., 364 (2009), pp. 2097-2113, [10.1098/rstb.2008.0268](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0268)  
[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

**Phthalate exposures and childhood asthma in a New York City cohort**

Environ. Health Perspect., 124 (2016), [10.1289/ehp.1509788](#)

[Google Scholar](#)

- [11] E.L. Bradley, R.A. Burden, K. Bentayeb, M. Driffield, N. Harmer, D.N. Mortimer, D.R.J.T. Speck, L.C.

**Exposure to phthalic acid, phthalate diesters and phthalate monoesters from foodstuffs: UK total diet study results**

Food Addit. Contam. - Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess., 30 (2013), pp. 735-742, [10.1080/19440049.2013.781684](#)

[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [12] A. Schecter, M. Lorber, Y. Guo, Q. Wu, S.H. Yun, K. Kannan, M. Hommel, N. Imran, L.S. Hynan, D. Cheng, J.A. Colacino, L.S. Birnbaum

**Phthalate Concentrations and Dietary Exposure from Food Purchased in New York State**

Environ. Health Perspect., 121 (2013), pp. 473-479, [10.1289/ehp.1206367](#)

[View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [13] M. Van Holderbeke, L. Geerts, G. Vanermen, K. Servaes, I. Sioen, S. De Henauw, T. Fierens  
**Determination of contamination pathways of phthalates in food products sold on the Belgian market**

Environ. Res., 134 (2014), pp. 345-352, [10.1016/j.envres.2014.08.012](#)

[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [14] T. Fierens, K. Servaes, M. Van Holderbeke, L. Geerts, S. De Henauw, I. Sioen  
**Analysis of phthalates in food products and packaging materials sold on the Belgian market**

Food Chem. Toxicol., 50 (2012), pp. 2575-2583, [10.1016/j.fct.2012.04.029](#)

[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

Ver PDF

- [15] C. Jing, X. Qun, J. Rohrer  
**Determination of Phthalates in Drinking Water by UHPLC with UV Detection**

Thermo Sci., 1045 (2008), pp. 2-4

<https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CMD/Application-Notes/AN-1045-LC-Phthalates-Drinking-Water-AN70344-EN.pdf>

(accessed 03.12.2018)



[Google Scholar](#)

- [16] T.E. Arbuckle, K. Davis, L. Marro, M. Fisher, M. Legrand, A. LeBlanc, E. Gaudreau, W.G. Foster, V. Choerng, W.D. Fraser

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

[Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)


[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [17] N. Casajuana, S. Lacorte  
**New Methodology for the Determination of Phthalate Esters, Bisphenol A, Bisphenol A Diglycidyl Ether, and Nonylphenol in Commercial Whole Milk Samples**  
J. Agric. Food Chem., 52 (2004), pp. 3702-3707, [10.1021/jf040027s](#)  
[View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [18] B. Cavaliere, B. Macchione, G. Sindona, A. Tagarelli  
**Tandem mass spectrometry in food safety assessment: the determination of phthalates in olive oil**  
J. Chromatogr. A, 1205 (2008), pp. 137-143, [10.1016/j.chroma.2008.08.009](#)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [19] M. Dickson-Spillmann, M. Siegrist, C. Keller, M. Wormuth  
**Phthalate Exposure Through Food and Consumers' Risk Perception of Chemicals in Food**  
Risk Anal., 29 (2009), pp. 1170-1181, [10.1111/j.1539-6924.2009.01233.x](#)  
[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [20] T. Fierens, M. Van Holderbeke, H. Willems, S. De Henauw, I. Sioen  
**Transfer of eight phthalates through the milk chain — a case study**  
Environ. Int., 51 (2013), pp. 1-7, [10.1016/j.envint.2012.10.002](#)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [21] L.S. Birnbaum, T.T. Schug  
**Phthalates in our food**  
Endocr. Disruptors, 1 (2013), p. e25078, [10.4161/endo.25078](#)  
(08.10.2019)  
[CrossRef](#) [Google Scholar](#)
- [22] S.E. Serrano, J. Braun, L. Trasande, R. Dills, S. Sathyanarayana  
**Phthalates and diet: a review of the food monitoring and epidemiology data**  
Environ. Heal., 13 (2014), p. 43, [10.1186/1476-069X-13-43](#)  
[View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [23] J.-W. Chang, C.-C. Lee, W.-H. Pan, W.-C. Chou, H.-B. Huang, H.-C. Chiang, P.-C. Huang  
**Estimated Daily Intake and Cumulative Risk Assessment of Phthalates in the General Taiwanese after the 2011 DEHP Food Scandal**  
Sci. Rep., 7 (2017), p. 45009, [10.1038/srep45009](#)  
[Google Scholar](#)

Ver PDF

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

**Implications for Human Exposure to Phthalates**, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 68 (2015), pp. 489-499, [10.1007/s00244-015-0140-0](#)  
[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [25] S. Benjamin, E. Masai, N. Kamimura, K. Takahashi, R.C. Anderson, P.A. Faisal  
**Phthalates impact human health: Epidemiological evidences and plausible mechanism of action**  
*J. Hazard. Mater.*, 340 (2017), pp. 360-383, [10.1016/j.jhazmat.2017.06.036](#)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [26] S. Park, B.-N. Kim, S.-C. Cho, Y. Kim, J.-W. Kim, J.-Y. Lee, S.-B. Hong, M.-S. Shin, H. Yoo, H. Im, J. Cheong, D. Han  
**Association between Urine Phthalate Levels and Poor Attentional Performance in Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder with Evidence of Dopamine Gene-Phthalate Interaction**  
*Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11 (2014), pp. 6743-6756, [10.3390/ijerph110706743](#)  
[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [27] T.K. Jensen, H. Frederiksen, H.B. Kyhl, T.H. Lassen, S.H. Swan, C.G. Bornehag, N.E. Skakkebaek, K.M. Main, D.V. Lind, S. Husby, A.M. Andersson  
**Prenatal exposure to phthalates and anogenital distance in male infants from a low-exposed Danish cohort (2010-2012)**  
*Environ. Health Perspect.*, 124 (2016), pp. 1107-1113, [10.1289/ehp.1509870](#)  
[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [28] I. Katsikantami, M.N. Tzatzarakis, V. Karzi, A. Stavroulaki, P. Xezonaki, E. Vakonaki, M.N. Tzatzarakis, S. Sifakis, A.K. Rizos, A.M. Tsatsakis  
**Biomonitoring of bisphenols A and S and phthalate metabolites in hair from pregnant women in Crete**  
*Sci. Total Environ.*, 712 (2020), p. 135651, [10.1016/j.scitotenv.2019.135651](#)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [Google Scholar](#)
- [29] I. Katsikantami, S. Sifakis, M.N. Tzatzarakis, E. Vakonaki, O.I. Kalantzi, A.M. Tsatsakis, A.K. Rizos  
**A global assessment of phthalates burden and related links to health effects**  
*Environ. Int.* (2016), [10.1016/j.envint.2016.09.013](#)  
[Google Scholar](#)
- [30] S. Zhang, C. Sun, S. Zhao, B. Wang, H. Wang, J. Zhang, Y. Wang, H. Cheng, L. Zhu, R. Shen, M. Sun, T. Xu, L. Zhao

Ver PDF



 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

[Environ. Int., 121 \(2018\), pp. 287-295, 10.1016/j.envint.2018.09.009](#)

[Article](#)  [Download PDF](#) [Google Scholar](#)

- [31] I. Muñoz, J.A. Colacino, R.C. Lewis, A.E. Arthur, J.D. Meeker, K.K. Ferguson  
**Associations between school lunch consumption and urinary phthalate metabolite concentrations in US children and adolescents: Results from NHANES 2003–2014**  
Environ. Int., 121 (2018), pp. 287-295, [10.1016/j.envint.2018.09.009](#)

[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [32] L. Dewalque, C. Charlier, C. Pirard  
**Estimated daily intake and cumulative risk assessment of phthalate diesters in a Belgian general population**

Toxicol. Lett., 231 (2014), pp. 161-168, [10.1016/j.toxlet.2014.06.028](#)

[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [33] Y. Wang, H. Zhu, K. Kannan  
**A Review of Biomonitoring of Phthalate Exposures**

Toxics, 7 (2019), p. 21, [10.3390/toxics7020021](#)

[Article](#)  [Download PDF](#) [CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [34] INEGI  
**Población. Cuéntame de México. [WWW Document]. Cuentame**  
URL <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/default.aspx?tema=P> (accessed 1.12.20)

(2010)  
[Google Scholar](#)

[Ver PDF](#)

- [35] UNICEF, WHO, Group, W.B.  
**Joint Child Malnutrition Estimates 2018 edition**  
(2018)

[Google Scholar](#)


- [36] CONEVAL  
**Productos contenidos en la canasta alimentaria**  
[WWW Document] URL [www.coneval.gob.mx](http://www.coneval.gob.mx).  
<https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Lineas-de-bienestar-y-canasta-basica.aspx> (accessed 08.10.2018)

(2019)  
[Google Scholar](#)



- [37] S. Aguilar-Barojas  
**Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud.11, 1-2**

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

[Google Scholar](#)




- [38] J.A. García, A. Reding Bernal, J.C. López Alvarenga  
**Sample size calculation in medical education research**  
Investig. en Educ. médica, 2 (2013), pp. 217-224  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v2n8/v2n8a7.pdf>  
[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [39] ChemSafetyPRO  
**What Is Benchmark Dose (BMD) and How to Calculate BMDL [WWW Document]**  
URL  
[https://www.chemsafetypro.com/Topics/CRA/What\\_Is\\_Benchmark\\_Dose\\_\(BMD\)\\_and\\_How\\_to\\_Calculate\\_BMDL.html](https://www.chemsafetypro.com/Topics/CRA/What_Is_Benchmark_Dose_(BMD)_and_How_to_Calculate_BMDL.html) (accessed 01.09.2019)  
(2018)  
[Google Scholar](#)
- [40] ChemSafetyPRO  
**What Is Benchmark Dose (BMD) and How to Calculate BMDL [WWW Document]**  
URL  
[https://www.chemsafetypro.com/Topics/CRA/What\\_Is\\_Benchmark\\_Dose\\_\(BMD\)\\_and\\_How\\_to\\_Calculate\\_BMDL.html](https://www.chemsafetypro.com/Topics/CRA/What_Is_Benchmark_Dose_(BMD)_and_How_to_Calculate_BMDL.html) (accessed 01.09.2018)  
(2018)  
[Google Scholar](#)
- [41] J.A. Davis, J.S. Gift, Q.J. Zhao  
**Introduction to benchmark dose methods and U.S. EPA's benchmark dose software (BMDS) version 2.1.1**  
Toxicol. Appl. Pharmacol., 254 (2011), pp. 181-191, [10.1016/j.taap.2010.10.016](https://doi.org/10.1016/j.taap.2010.10.016)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [42] MDH, Eh, Esa, Hra  
**Di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) Toxicological Summary Sheet Minnesota Department of Health November 2015**  
<https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/diethylphtsumm.pdf> (2015)  
(accessed 09.10.208)  
[Google Scholar](#)
- [43] ATSDR  
**Toxicological profile: di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP). Agency Toxic Subst. Dis. Regist.**

Ver PDF

- [44] R. Benson  
**Hazard to the developing male reproductive system from cumulative exposure to phthalate esters-dibutyl phthalate, diisobutyl phthalate, butylbenzyl phthalate, diethylhexyl phthalate, dipentyl phthalate, and diisononyl phthalate**  
Regul. Toxicol. Pharmacol., 53 (2009), pp. 90-101, [10.1016/j.yrtph.2008.11.005](https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2008.11.005)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [45] ATSDR  
**Toxicological Profile for Di-n-Butyl Phthalate**  
Public Health (2001), p. 225  
<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp135.pdf>  
[Google Scholar](#)
- [46] K.P. Lehmann  
**Dose-Dependent Alterations in Gene Expression and Testosterone Synthesis in the Fetal Testes of Male Rats Exposed to Di (n-butyl) phthalate**  
Toxicol. Sci., 81 (2004), pp. 60-68, [10.1093/toxsci/kfh169](https://doi.org/10.1093/toxsci/kfh169)  
[View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [47] A. for T.S. and D.R. ATSDR  
**Toxicological Profile for Diethyl Phthalate. Agency Toxic Subst. Dis. Regist.**  
(1995), pp. 1-158  
[Google Scholar](#)
- [48] F.M.M. García, C.A. Amaya, M.P. Bustamante, G.A. Reyes, M.J.C. Sánchez  
**Ftalatos en alimentos de la canasta básica mexicana**  
Rev. Latinoam. el Ambient. y las Ciencias, 9 (2018), pp. 1180-1191  
[http://cmas.siu.buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/86/2/9\(21\)-82.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/86/2/9(21)-82.pdf)  
[Google Scholar](#)
- [49] H.M. Koch, H. Drexler, J. Angerer  
**An estimation of the daily intake of di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) and other phthalates in the general population**  
Int. J. Hyg. Environ. Health, 206 (2003), pp. 77-83, [10.1078/1438-4639-00205](https://doi.org/10.1078/1438-4639-00205)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [50] H.M. Koch, M. Wittassek, T. Brüning, J. Angerer, U. Heudorf  
**Exposure to phthalates in 5-6 years old primary school starters in Germany-A human biomonitoring study and a cumulative risk assessment**

Ver PDF

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

- [51] CDC  
**Public Health Statement for Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) Public Health Statement for Diethyl Phthalate Public Health Statement for Di-n-octylphthalate (DNOP) ToxFAQs for Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)**  
(2009)  
[Google Scholar](#)
- [52] Y. Ji, F. Wang, L. Zhang, C. Shan, Z. Bai, Z. Sun, L. Liu, B. Shen  
**A comprehensive assessment of human exposure to phthalates from environmental media and food in Tianjin, China**  
J. Hazard. Mater., 279 (2014), pp. 133-140, [10.1016/j.jhazmat.2014.06.055](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.06.055)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [53] P.G. Alba  
**Aceites vegetales, hacia una producción sostenible**  
El Hombre y la Maquina, 46 (2015), pp. 9-19  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=478/47843368002>  
(accessed 08.10.2019)  
[CrossRef](#) [Google Scholar](#)
- [54] R. Early  
**Tecnología de los productos lácteos. Editorial Acribia**  
ISBN 978-84-200-0915-5  
(2000)  
[Google Scholar](#)
- [55] C.J. Carter, R.A. Blizard  
**Autism genes are selectively targeted by environmental pollutants including pesticides, heavy metals, bisphenol A, phthalates and many others in food, cosmetics or household products**  
Neurochem. Int., 101 (2016), pp. 83-109, [10.1016/j.neuint.2016.10.011](https://doi.org/10.1016/j.neuint.2016.10.011)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [56] B.-N. Kim, S.-C. Cho, Y. Kim, M.-S. Shin, H.-J. Yoo, J.-W. Kim, Y.H. Yang, H.-W. Kim, S.-Y. Bhang, Y.-C. Hong  
**Phthalates Exposure and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in School-Age Children**  
Biol. Psychiatry, 66 (2009), pp. 958-963, [10.1016/j.biopsych.2009.07.034](https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.07.034)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

Ver PDF

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

**women with unexplained recurrent spontaneous abortion**  
Environ. Res., 150 (2016), pp. 622-628, [10.1016/j.envres.2016.04.003](https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.04.003)

[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [58] G. Bekö, C.J. Weschler, S. Langer, M. Callesen, J. Toftum, G. Clausen  
**Children's Phthalate Intakes and Resultant Cumulative Exposures Estimated from Urine Compared with Estimates from Dust Ingestion, Inhalation and Dermal Absorption in Their Homes and Daycare Centers**

PLoS One, 8 (2013), p. e62442, [10.1371/journal.pone.0062442](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062442)

[CrossRef](#) [Google Scholar](#)

- [59] H. Fromme, T. Lahrz, M. Kraft, L. Fembacher, S. Dietrich, S. Sievering, R. Burghardt, R. Schuster, G. Bolte, W. Völkel

**Phthalates in German daycare centers: Occurrence in air and dust and the excretion of their metabolites by children (LUPE 3)**

Environ. Int., 61 (2013), pp. 64-72, [10.1016/j.envint.2013.09.006](https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.09.006)

[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [60] T.T. Bui, G. Giovanoulis, A.P. Cousins, J. Magnér, I.T. Cousins, C.A. de Wit  
**Human exposure, hazard and risk of alternative plasticizers to phthalate esters**

Sci. Total Environ., 541 (2016), pp. 451-467, [10.1016/j.scitotenv.2015.09.036](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.036)

[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [61] M.L. Chen, J.S. Chen, C.L. Tang, I.F. Mao  
**The internal exposure of Taiwanese to phthalate-an evidence of intensive use of plastic materials**

Environ. Int., 34 (2008), pp. 79-85, [10.1016/j.envint.2007.07.004](https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.07.004)

[Article](#)  [Download PDF](#) [CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

Ver PDF

- [62] K.E. Clark, R.M. David, R. Guinn, K.W. Kramarz, M.A. Lampi, C.A. Staples  
**Modeling human exposure to phthalate esters: a comparison of indirect and biomonitoring estimation methods**

Hum. Ecol. Risk Assess. (2011), [10.1080/10807039.2011.588157](https://doi.org/10.1080/10807039.2011.588157)

[Google Scholar](#)

- [63] R.M. David, M.R. Moore, D.C. Finney, D. Guest  
**Chronic toxicity of di(2-ethylhexyl) phthalate in mice**

Toxicol. Sci., 58 (2000), pp. 377-385, [10.1093/toxsci/58.2.377](https://doi.org/10.1093/toxsci/58.2.377)

[View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [64] A. Franco, K. Prevedouros, R. Alli, I.T. Cousins

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

[Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [65] H. Fromme, G. Bolte, H.M. Koch, J. Angerer, S. Boehmer, H. Drexler, R. Mayer, B. Liebl  
**Occurrence and daily variation of phthalate metabolites in the urine of an adult population**

Int. J. Hyg. Environ. Health, 210 (2007), pp. 21-33, [10.1016/j.ijheh.2006.09.005](#)

[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [66] H. Itoh, K. Yoshida, S. Masunaga  
**Quantitative identification of unknown exposure pathways of phthalates based on measuring their metabolites in human urine**

Environ. Sci. Technol., 41 (2007), pp. 4542-4547, [10.1021/es062926y](#)

[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [67] H. Itoh, K. Yoshida, S. Masunaga  
**Evaluation of the effect of governmental control of human exposure to two phthalates in Japan using a urinary biomarker approach**

Int. J. Hyg. Environ. Health, 208 (2005), pp. 237-245, [10.1016/j.ijheh.2005.02.004](#)

[Article](#)  [Download PDF](#) [CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [68] M.C. Kohn, F. Parham, S.A. Masten, C.J. Portier, M.D. Shelby, J.W. Brock, L.L. Needham  
**Human exposure estimates for phthalates**

Environ. Health Perspect., 108 (2000), [10.1289/ehp.108-a440b](#)

[Google Scholar](#)

Ver PDF

- [69] M. Wormuth, M. Scheringer, M. Vollenweider, K. Hungerbuhler  
**What Are the Sources of Exposure to Eight Frequently Used Phthalic Acid Esters in Europeans?**

Risk Anal., 26 (2006), pp. 803-824, [10.1111/j.1539-6924.2006.00770.x](#)

[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)



- [70] Y.-L. Feng, J. Zhu, R. Sensenstein  
**Development of a headspace solid phase microextraction method combined with gas chromatography mass spectrometry for the determination of phthalate esters in cow milk**

Anal. Chim. Acta, 538 (2005), pp. 41-48, [10.1016/j.aca.2005.02.020](#)

[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

- [71] H. Yan, X. Cheng, B. Liu  
**Simultaneous determination of six phthalate esters in bottled milks using ultrasound-assisted dispersive liquid-liquid microextraction coupled with gas chromatography**

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

- [72] J. Lin, W. Chen, H. Zhu, C. Wang  
**Determination of free and total phthalates in commercial whole milk products in different packaging materials by gas chromatography-mass spectrometry**  
J. Dairy Sci., 98 (2015), pp. 8278-8284, [10.3168/jds.2015-10066](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10066)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [73] M.L.E. Cisneros, M.M. García-Fabila, L.P. Bustamante-Montes  
**Análisis de ftalatos en productos cárnicos y lácteos del Estado de México**  
UAEM (2016)  
[Google Scholar](#)
- [74] L. Du, L. Ma, Y. Qiao, Y. Lu, D. Xiao  
**Determination of phthalate esters in teas and tea infusions by gas chromatography-mass spectrometry**  
Food Chem., 197 (2016), pp. 1200-1206, [10.1016/j.foodchem.2015.11.082](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.082)  
[Article](#)  [Download PDF](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [75] Y. Saito, Y. Nakao, M. Imaizumi, Y. Morishima, Y. Kiso, K. Jinno  
**Miniaturized solid-phase extraction as a sample preparation technique for the determination of phthalates in water**  
Anal. Bioanal. Chem., 373 (2002), pp. 81-86, [10.1007/s00216-002-1270-6](https://doi.org/10.1007/s00216-002-1270-6)  
[View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)
- [76] X.L. Cao, W. Zhao, R. Dabeka  
**Di-(2-ethylhexyl) adipate and 20 phthalates in composite food samples from Canadian Total Diet Study**  
Food Addit. Contam. - Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess., 32 (2015), pp. 1893-1901, [10.1080/19440049.2015.1079742](https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1079742)  
[CrossRef](#) [View Record in Scopus](#) [Google Scholar](#)

Ver PDF

<sup>1</sup> All authors contributed equally to this manuscript.

[View Abstract](#)

© 2020 Elsevier B.V.

 [Outline](#)  [Download](#) [Share](#) [Export](#)

---

[Shopping cart](#)

[Advertise](#)

[Contact and support](#)

[Terms and conditions](#)

[Privacy policy](#)

We use cookies to help provide and enhance our service and tailor content and ads. By continuing you agree to the **use of cookies**.

Copyright © 2020 Elsevier B.V. or its licensors or contributors. ScienceDirect® is a registered trademark of Elsevier B.V.

ScienceDirect® is a registered trademark of Elsevier B.V.



[Ver PDF](#)



**Ftalatos en alimentos de la canasta básica mexicana.****Phthalates in foods of the mexican basic basket.**

**<sup>1</sup>María Magdalena García Fabila, <sup>1</sup>Araceli Amaya Chávez, <sup>2</sup>Patricia Bustamante Montes, <sup>1</sup>Alicia Reyes García, <sup>1</sup>Juan Carlos Sánchez Meza.**

<sup>1</sup> Docentes-Investigadores de la Facultad de Química UAEMex. Paseo Colón esquina paseo Tollocan Sin Número. Colonia ocho cedros. Toluca Estado de México CP. 52120. Tel y Fax. (722)2173890 y (722)2175109 ext. 113.

<sup>2</sup> Docente investigadora de Ciencias de Salud. Universidad Autónoma de Guadalajara. Montevideo esq. acueducto. Colonia Prados de Providencia CP 44670 Guadalajara Jalisco Tel (33)36488824 ext. 33005 y 33451. §Autor para correspondencia: mmgarciat@uaemex.mx

**RESUMEN** Los ftalatos de dialquilo son compuestos sintéticos ubicuos empleados principalmente en la fabricación de películas plásticas y contenedores, incluso de alimentos. La FDA en el 2012, estableció un límite máximo permisible del 3% para el Dietil hexil ftalato (DEHP), que es el comercialmente más utilizado para matrices poliméricas de empaques para alimentos. En materia de inocuidad alimentaria, México no cuenta con normatividad en relación a los ftalatos y considerando que la mayor fuente de exposición a ftalatos es por los alimentos, es de gran importancia conocer el impacto de su presencia en los mismos, especialmente los que consumen los niños. Se han reportado que los ftalato producen diversos efectos adversos a la salud como disrupción endocrina, relación con la obesidad, diabetes, daños reproductivos y autismo. Basándose en la canasta básica mexicana 2016 y 2017 (INPC), se identificaron productos alimenticios para la despensa como un referente del consumo mínimo para la población mexicana, se realizó un análisis de estudios realizados en los últimos años (del 2004 al 2018) relativos a la presencia de ftalatos de dialquilo en alimentos. En esta búsqueda se encontraron productos alimenticios que se reportaron con niveles de ftalatos como contaminantes, se agruparon en 6 categorías: a) abarrotes comestibles, b) aves y cárnicos, c) cereales y tubérculos, d) verduras y hortalizas, e) pescados y mariscos, f) salchichonería y lácteos. En los alimentos incluidos en el apartado de salchichonería y lácteos se observaron 7 coincidencias de resultados reportados en 9 publicaciones en 8 países diferentes, mientras que el rubro de las aves y los cárnicos (3 coincidencias de 3 estudios) tienen reporte de ftalatos en 6 países, especialmente en carne de res y de pollo, en los abarrotes comestibles (13 coincidencias de 6 estudios), están reportados en más de 6 países, en especial los alimentos con contenido graso, procesados, empacados y/o enlatados. El rubro de pescados y mariscos (sin coincidencias directas), en estudios realizados en 6 países. Verduras y hortalizas envasadas o empacadas en plástico y/o enlatados, hubo 2 coincidencias de 6 estudios revisados, datos

obtenidos en países americanos, europeos y asiáticos. Los alimentos con menor frecuencia de reportes fueron las frutas, cereales, granos y semillas. Los reportes de la presencia de ftalatos de dialquilo en alimentos que se encuentran en la canasta básica mexicana, hace suponer que es probable que exista un riesgo en la población mexicana por el consumo de alimentos contaminados con ftalatos, los reportes de las concentraciones de ftalatos en los alimentos que consumen los mexicanos, son escasos, por lo cual existe la necesidad de realizar estudios para evidenciar la presencia de estos compuestos y evaluar el riesgo a la salud de la población por la probable exposición.

**Palabras claves:** Disruptores Endocrinos, Alimentación Mexicana, Inocuidad Alimentaria.

## INTRODUCCIÓN

Para mejorar las características fisicoquímicas de un polímero se utilizan aditivos, según sea el tipo de aditivo, se obtienen diversos materiales rígidos o suaves, tal es el caso del polímero rígido cloruro de polivinilo (PVC) del cual se puede obtener tubos rígidos, ropa, muñecas, botellas, o el plastisol (suave). En teoría un aditivo, no debe ser tóxico ni perjudicial para la salud, especialmente cuando el material se utiliza para entrar en contacto con productos alimentarios, farmacéuticos o que se emplean en juguetería (Beltrán y Mancilla, 2012). Los plastificantes son ésteres orgánicos añadidos a polímeros para facilitar el procesamiento y aumentar la flexibilidad y/o la tenacidad del producto final mediante la modificación interna de la molécula del polímero, en el caso del PVC, los plastificantes representan entre el 30-90% del porcentaje en peso, empleando mayormente ftalatos de dialquilo. El término “ftalato” ha sido determinado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estado Unidos (EPA) como diéster del ácido ftálico, es decir un ácido dicarboxílico aromático, en el que los dos grupos carboxilos se encuentran en carbonos adyacentes en el anillo de benceno (configuración orto, implicada en el uso genérico del término “ésteres de ftalato). Bustamante y col., 2004, Prada y Romano 2016). Entre las propiedades fisicoquímicas de los ftalatos de dialquilo se observa que los sustituyentes arílicos son cadenas alifáticas lineales o cíclicas, usualmente simétricas con excepciones como el butil bencil ftalato (BBzP).

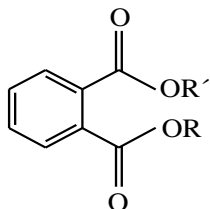
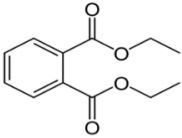
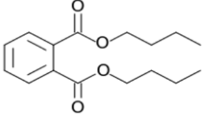
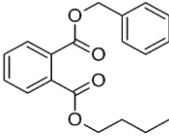
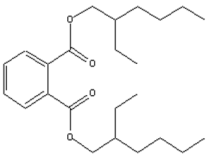
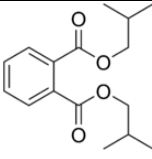


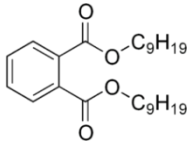
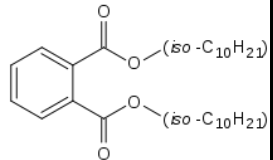
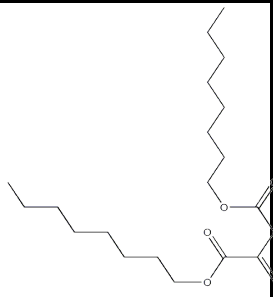
Figura 1. Representación general de diéster de ácido ftálico

Los ftalatos son compuestos estables en estado líquido a temperatura ambiente, y con un aroma característico. Los esteres ftálicos de mayor peso molecular (DEHP y BBzP) se pueden considerar poco solubles, mientras que los de menor peso molecular (DMP, DEP, DBP) son ligeramente solubles en agua. Las propiedades fisicoquímicas de los ftalatos se encuentran indicadas en la tabla uno, una propiedad a considerar es el  $\log K_{ow}$  (coeficiente de partición octanol agua) que indica la lipofobicidad de los ftalatos aumenta con la longitud de la cadena poliméricas. (Cousin y col., 2000). El uso de los ftalatos se ha extendido siendo empleados como disolventes, fijadores y/o adhesivos en diversos cosméticos o productos de uso comercial (DMP, DEP, DBP) pero también como plastificantes de películas plásticas o empaques empleados en la industria de los alimentos (DEHP, DOP, DiNP y DiDP), la tabla uno menciona los principales usos de algunos ftalatos.

Tabla 1. Estructura, propiedades y usos de los ftalatos de dialquilo más encontrados en alimentos.

Nombre	Estructura/Formula	Propiedades	Usos
Dimetil ftalato DMP CAS 131-11-3	 $C_{10}H_{10}O_4$	Peso molecular: 194.2 g/mol Punto ebullición: 284°C Punto de fusión: 5,5°C Densidad relativa: 1,19 g/mL Solubilidad en agua: 0.4% (20°C) $\log_{kow}$ : 1,47 – 2,12	Cepillos de dientes, partes de automóviles, herramientas, juguetes y empaques alimenticios.

<p>Dietil ftalato DEP CAS 84-66-2</p>	 <p><math>C_{12}H_{14}O_4</math></p>	<p>Peso molecular: 222,3 g/mol Punto ebullición: 295°C Punto de fusión: -67 a -44°C Densidad relativa: 1,1 g/mL Solubilidad en agua: 1080 mg/L at 25 °C <math>Log_{kow}</math> : 2,47</p>	<p>Principalmente en PVC como plastificante, sigue presente en gomas de borrar, tintas, adhesivo y selladores, pinturas y fijadores.</p>
<p>Dibutil ftalato DBP CAS 84-74-2</p>	 <p><math>C_{16}H_{22}O_4</math></p>	<p>Peso molecular: 278,3 g/mol Punto ebullición: 340°C Punto de fusión: -35°C Densidad relativa: 1,05 g/mL Solubilidad en agua: 0,01 g/L <math>Log_{kow}</math> : 4,72</p>	<p>Plásticos como el PVC, adhesivos, tintas de impresión, selladores, lechadas para construcción, aditivos para perfumes, desodorantes, fijadores de pelo, esmalte de uñas e insecticidas.</p>
<p>Butil bencil ftalato BBP CAS 85-68-7</p>	 <p><math>C_{19}H_{20}O_4</math></p>	<p>Peso molecular: 312,4 g/mol Punto ebullición: 370°C Punto de fusión: -35°C Densidad relativa: 1,1 g/mL Solubilidad en agua: 0.71 mg/L <math>Log_{kow}</math> : 4,77</p>	<p>Adhesivos, aditivos de cosméticos, aromatizante, desodorantes, limpiador, plastificante, (bolsas de vinilo, es resistente las manchas del PVC).</p>
<p>Dietil hexil ftalato DEHP CAS 117-81-7</p>	 <p><math>C_{24}H_{38}O_4</math></p>	<p>Peso molecular: 390.6 g/mol Punto ebullición: 385°C Punto de fusión: -50°C Densidad relativa: 0.986 g/mL Solubilidad en agua: 0.00003% (23.8°C) <math>Log_{kow}</math> : 5,03</p>	<p>Perfumes, plastificantes de PVC (cortinas de baño, mangueras de jardín, pañales, películas plásticas alimentarias, bolsas para sangre, catéteres, guantes y utensilios médicos como tubos para fluidos), materiales para construcción.</p>
<p>Di isobutil ftalato DiBP CAS No.: 84-74-2</p>	 <p><math>C_{16}H_{22}O_4</math></p>	<p>Peso molecular: 278.35 g/mol Punto ebullición: 320 °C Punto de fusión: -37 °C Densidad relativa: 1.038 g/mL Solubilidad en agua: 1 mg/l at 20 °C</p>	<p>Plastificante específico por ser muy volátil, suele mezclarse con otros ftalatos y nitrocelulosa así como con éter de celulosa, se le ha encontrado en dispersiones de poli-</p>

		Log <sub>kow</sub> : 4.11	acetato, como plastificante del PVC para cables y alambre (hasta al 95% en peso) Pinturas anticorrosión, anti incrustantes, selladores, tintas y textiles.
Di isonil ftalato DiNP CAS 28553-12-0	 C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> [COO(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sub>2</sub>	Peso molecular: 418.61 g/mol Punto ebullición: 244 to 252 °C Punto de fusión: -43 °C Densidad relativa: 0.98 g/mL Solubilidad en agua: <0.01 g/mL at 20 °C Log <sub>kow</sub> : NR	Empleado en PVC como plastificante (hasta la 95% en peso)
Di iso decil ftalato DiDP CAS 26761-40-0	 C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> [COO(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sub>2</sub>	Peso molecular: 446.66 g/mol Punto ebullición: 250 a 257 °C Punto de fusión: -50 °C Densidad relativa: 0.96-0.97 g/mL Solubilidad en agua: NR Log <sub>kow</sub> : NR	Empleado como plastificante sustituto del DEHP.
Di n-octil ftalato DOP CAS 117-84-0	 C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> [COO(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub> ] <sub>2</sub>	Peso molecular: 390.56 g/mol Punto ebullición: NR Punto de fusión: - NR Densidad relativa: 0.98 g/mL Solubilidad en agua: NR Log <sub>kow</sub> : NR	Puede constituir un 20% en mezclas de ftalatos, empleado como plastificante del PVC.

Elaboración propia con información de "NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards #0228"; Record of CAS RN 26761-40-0 in the GESTIS Substance Database of the Institute for Occupational Safety and Health y [https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB71098719\\_EN.htm](https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB71098719_EN.htm)

La exposición a los humanos se realiza a través de diversas vías: digestiva, dérmica, inhalatoria, directa a torrente sanguíneo, placentaria y a través de la leche materna. Los ftalatos de dialquilo son compuestos químicos que una vez incorporado al organismo afectan el equilibrio hormonal en diversas especies, entre ellas el humano (Harris y Sumpter, 2000; Scaglia y col., 2009). Los estudios de toxicidad de los ftalatos y sus metabolitos han demostrado que tienen efectos adversos considerables para la salud humana. Varios ftalatos presentes en los alimentos están asociados con deterioro en el desarrollo del sistema reproductivo masculino en roedores y seres humanos durante la fase de diferenciación sexual del feto (Dikson y col., 2009); la disminución en el tiempo de gestación debido a la inducción de la inflamación intrauterina producida por el DEHP (Lyche y col., 2009); también se ha observado la reducción de la producción y calidad de semen en los hombres adultos (Dikson y col., 2009).

De acuerdo a la Food and Drug Administration (FDA), los infantes tienden a ser considerados a ser la población con más alto riesgo a la exposición a ftalatos pues ellos reciben dosis más altas de ftalatos en mg/kg que los adultos. este organismo estableció un límite máximo permisible del 3% para el ftalato comercialmente más utilizado el DEHP en materiales poliméricos en contacto directo con alimentos.

En un estudio en el 2012 Koch y colaboradores reportaron observaciones sobre los patrones de actividad personal durante 48 horas, reportando la presencia de ftalatos de dialquilo y sus principales metabolitos en orina, encontrando un incremento de ftalatos de alto peso molecular como di-2-etil hexil ftalato (DEHP), di-isononil ftalato (DINP) y di-isononil ftalato/di-propil heptil ftalato (DINP/DPHP) en cada ocasión en la que se ingirió algún alimento y luego declinan a lo largo del día hasta volver a tener una comida.

La presencia de los ftalatos en los alimentos se ha sugerido que tiene origen en el trascurso de procesamiento o empaçado por lo cual diversos alimentos envasados y no envasados han sido analizados en vario países encontrando que son una considerable fuente de exposición de varios tipos de ftalatos (Cacho y col., 2012; Bradley y col., 2013; Schechter y col., 2013; Holderbeke y col., 2014); sugiriendo que en el caso de los alimentos envasados, puede existir una migración, del empaque hacia el alimento lo cual ha sido ampliamente reportado incluso para el caso de bolsas de polietileno (Sun y col., 2012), mientras que los no envasados se contaminan con ftalatos provenientes del medio ambiente (Cacho y col., 2012).

En México la alimentación es muy diversa, la gastronomía depende del clima de la región, las tradiciones y costumbres familiares entre otros factores; los productos alimenticios principales que se empleas en la dieta mexicana se encuentran enunciados en la "canasta básica" que es un conjunto de bienes y servicios indispensables para que una familia pueda satisfacer sus necesidades básicas de consumo a partir de su ingreso. La canasta básica mexicana contempla más de 100 artículos, entre los cuales encontramos productos para la despensa. Actualmente el INEGI realiza la operación de la canasta básica mexicana. (INPC 2018).

## METODOLOGÍA

Se realizó el análisis de la canasta básica reportada para la población de México (ELINPC, 2016 y 2017), los alimentos en especial integrándolas en diferentes grupos a) abarrotes comestibles (incluyendo alimento para bebé, aceites y grasas), b) aves y cárnicos, c) cereales y tubérculos (incluyendo granos y semillas), d) verduras y hortalizas (incluyendo frutas), e) pescados y mariscos, f) salchichonería y lácteos. A la par se identificaron los estudios científicos reportados entre 2004 y 2018 relativos a la presencia de ftalatos de dialquilo en alimentos, se omitieron los alimentos que no están reportados en la canasta básica, pero se incluyeron los que se mencionan de forma general como el pan o los lácteos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La canasta básica mexicana contiene 8 rubros, para fines de comparación internacional se agruparon en 6 grupos de alimentos, que contienen alimentos básicos para la despensa la tabla 2 menciona los alimentos en general que se incluyen en cada grupo alimenticio, se omitieron marcas comerciales y especificaciones como: queso fresco o queso Oaxaca, etc., para hacerla más general, ya que en los artículos internacionales que mencionan alimentos pueden o no ser los mismos que se consumen en México.

Tabla 2. Grupos alimenticios analizados en la canasta básica.

Grupo	Alimentos
ABARROTOS COMESTIBLES	Aceite, Alimento para bebé, Atún en Aceite, Azúcar, Bolillo, Pan de Caja, Pan de Dulce, Pasta, Café, Cajeta, Chiles jalapeños, Puré de Tomate, Chocolate, Huevo, Concentrado de Pollo, Galletas, Gelatina, Harina de Maíz, Harina de Trigo, Leche Condensada, Leche en Polvo, Leche Evaporada, Mayonesa, Mermelada, Miel, Mostaza, Sal Refinada, Sardina, Té en sobres, Tortillas de Maíz,

AVES CÁRNICOS	Y	Aves (pollo), Carne de Cerdo, Carne de Res
CEREALES TUBÉRCULOS	Y	Avena, Hojuelas de Maíz Arroz, Frijol Negro, Garbanzo, Haba, Lenteja
FRUTAS VERDURAS HORTALIZAS	Y	Aguacate, Guayaba, Jícama, Limón, Manzana, Naranja, Papaya, Plátano, Sandía, Toronja. Acelga, Ajo, Calabacita, Cebolla Blanca, Chayote, Chicharro Vaina, Chile Poblano, Chile Serrano, Cilantro, Col Blanca, Ejote, Espinaca, Lechuga Romana, Jitomate, Nopal, Papa Blanca, Pepino, Perejil, Tomate Verde, Zanahoria.
PESCADOS MARISCOS	Y	Mojarra Tilapia, Sierra Entera
SALCHICHONERIA Y LACTEOS		Chorizo, Crema, Jamón, Leche Pasteurizada, Mantequilla, Queso, Salchichas, Yogurt

Elaboración propia con información de INPC 2016 y 2017.

En la búsqueda bibliográfica se encontraron estudios de diversos productos alimenticios los cuales se agruparon en 6 categorías, entre los diversos alimentos que se reportaron con presencia de ftalatos, se observaron de forma constante 8 ftalatos DMP, DEP, DiBP, DnBP, BBP, DEHP, DCHP y DnOP; los cuales se presentan en la tabla 3 junto con sus concentraciones máximas y mínimas reportadas por categoría. En el apartado de abarrotos comestibles se presentan por separado las categorías de aceites y grasas, así como el de aderezos y salsas, debido a que las concentraciones de los diversos ftalatos difieren mucho entre sí.

Tabla 3. Concentraciones de los ocho ftalatos más frecuentes presentes en alimentos por categoría.

Categoría	Intervalo de Concentraciones encontradas mínima y máxima (µg/Kg)							
	DMP	DEP	DiBP	DnBP	BBP	DEHP	DCHP	DnOP
Abarrotos comestibles	ND-4.7	ND-2.5	ND-344.0	ND-28.0	ND-5.9	ND-718.0	ND-1.8	ND-2.6



Aceites y grasas	y	ND-32.0	ND-154.0	ND-53.0	ND-3287.5	ND-11083.0	ND-5591.7	ND-13.0	NIVEL BAJO
Aderezos salsas	y	ND-4238	ND-84.0	ND-155.0	ND-157.3	ND-388.0	ND-2154.0	ND-2.8	ND-120.0
<b>Aves Cárnicos</b>	<b>y</b>	ND-25.0	ND-1.4	0.1-9.7	ND-1100	ND-18.0	1.9 -1100	ND-2.0	ND-51.0
<b>Cereales tubérculos</b>	<b>y</b>	ND-1.4	ND-558.0	ND-1054.0	ND-61.0	ND-14.0	ND-1073.0	ND-3.6,	ND-2.8
<b>Frutas, Verduras hortalizas</b>	<b>y</b>	ND-4.6	ND-2.0	ND-13.0	ND-17.0	ND-26.0,	ND-14130	ND-0.5	ND-0.9
<b>Pescados mariscos</b>	<b>y</b>	ND-43.0	ND-9.3	ND-13.0	ND-12.5	ND-8.0	ND-5932.0	ND-0.1	ND-0.8
<b>Salchichonería y lácteos</b>		ND-11.7	ND-11.0	ND-116.0	ND- 85	ND-20.5	ND-11,100	ND-42.0	ND-5.7

En salchichonería además DiNP y DiDP < 50ug/kg. (ND) No detectado.

Tabla elaborada con información de: Casajuana y Lacorte 2004; Rhind y col., 2005; Cavaliere y col., 2008; Dickson y col., 2009; Colacino y col., 2010; Ostrovsky y col., 2011, Fierens y col., 2012a, Fierens y col., 2012b; Fierens y col., 2012c; Birnbaum y Schung 2013, Bradley y col., 2013, Schechter y col., 2013, Trasande y col., 2013, Serrano y col., 2014, Holderbeke y col., 2014, Chou y Wright 2016.

Vale la pena mencionar que solo se presentan los ocho ftalatos más frecuentes, sin embargo, en la categoría de salchichonería se observaron además los ftalatos disonil ftalato (DiNP) y diisodecil ftalato (DiDP) en concentraciones < 50ug/kg.

El DEHP es el ftalato con las concentraciones más altas en todas las categorías analizadas, también es el más empleado mundialmente (Prada 2016), concentraciones mayores a 1000 µg/Kg (alta concentración) de este ftalato fueron reportados en todos los rubros. Los abarros comestibles presentaron altas concentraciones para DMP, DnBP, BBP y DEHP lo cual coincide con el hecho de que los alimentos de esta categoría están procesados. En la categoría de cárnicos el DEHP es el único analíto que se menciona en todas las muestras analizadas con una concentración mínima de 1.9 y máxima de 1100 µg/Kg.

En los alimentos incluidos en el apartado de salchichonería y lácteos se observaron 7 coincidencias de resultados reportados en 9 publicaciones en 8 países diferentes (americanos y europeos), mientras que el rubro de las aves y los cárnicos (3 coincidencias de 3 estudios) tienen reporte de ftalatos en 6 países, especialmente en carne de res y de pollo; en los abarros comestibles (13 coincidencias de 6 estudios), están reportados en

más de 6 países, en especial los alimentos con contenido graso, procesados, empacados y/o enlatados. El rubro de pescados y mariscos (sin coincidencias directas), en estudios realizados en 6 países. Verduras y hortalizas envasadas o empacadas en plástico y/o enlatados, hubo 2 coincidencias de los artículos revisados, datos obtenidos en 4 países. Los alimentos con menor frecuencia de reportes fueron las frutas, cereales, granos y semillas, aunque se reportó la presencia de ftalatos en frutas enlatadas y granos y semillas procesadas.

## CONCLUSIONES

Los reportes de la presencia de ftalatos de dialquilo en alimentos que se encuentran en la canasta básica mexicana, aunque no son exactamente los mismos alimentos que se analizaron en los diversos estudios reportados hace suponer que es probable que exista un riesgo en la población mexicana por el consumo de alimentos contaminados con ftalatos, los reportes de las concentraciones de ftalatos en los alimentos que consumen los mexicanos, son escasos, por lo cual existe la necesidad de realizar estudios para generar evidencias de la presencia de estos compuestos y evaluar el riesgo a la salud de la población por la probable exposición.

Conocer la presencia de los ftalatos en los alimentos que consume la población mexicana, ayudara en su regulación, lo cual podría prevenir los daños disruptivos que su ingesta crónica conlleva.

## BIBLIOGRAFÍA

Beltrán M. y Marcilla A. (2012) *Tecnología de los polímeros, procesado y propiedades*. Ed. Universidad de Alicante. Pp. 66-69. España.

Birnbaum Linda S & Schug Thaddeus T (2013) *Phthalates in our food. Endocrine Disruptors*, 1:1, e25078, DOI: 10.4161/endo.25078

Bradley E L., Burdenb R A., Bentayebc K., Driffielda M., Harmera N., Mortimerb D. N., Specka D. R, Tichaa J. and Castlea L. (2013) *Exposure to phthalic acid, phthalate diesters*

*and phthalate monoesters from foodstuffs: UK total diet study results.* Food additives and contaminants: Part A Vol. 30, No. 4, 735–742.

Bustamante-Montes. (2007). *Necesidades regulatorias sobre los efectos de los plastificantes en la población infantil.* Salud Pública Méx; Vol. 49(sup 1):72-75

Cacho J.I., Campillo N., Viñas P., Hernández-Córdoba M. (2012). *Determination of alkylphenols and phthalate esters in vegetables and migration studies from their packages by means of stir bar sorptive extraction coupled to gas chromatography– mass spectrometry.* Journal of Chromatography A, 1241, 21– 27

*Canasta básica mexicana.* reportada por INPC. Consulta Febrero 2016, Febrero 2017 y Febrero 2018. <http://elinpc.com.mx/canasta-basica-mexicana/>

Cavaliere B., Macchione B., Sindona G., Tagarelli A. (2008). *Tandem mass spectrometry in food safety assessment: The determination of phthalates in olive oil.* Journal of Chromatography A. 1205. pp. 137-143.

*ChemicalBook.* Consultado 20 de Abril 2018. [https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB71098719\\_EN.htm](https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB71098719_EN.htm)

Chou y Wright (2006). *Phthalates in food and Medical Devices.* Journal of medical toxicology. Vol. 2 No. 3. Septiembre.

Colacino Justin A., Harris T. Robert, and Schecter Arnold (2010). *Dietary Intake Is Associated with Phthalate Body Burden in a Nationally Representative Sample.* Environmental Health Perspectives, vol. 118, num. 7: 998-1003.

Dickson-Spillmann M., Siegrist M., Keller C., and Wormuth M. (2009). *Phthalate Exposure Through Food and Consumers' Risk Perception of Chemicals in Food.* Risk Analysis, Vol. 29, No. 8.

EPA (2012) *Phthalates, Action Plan*

FDA (2012) *Guidance for Industry Limiting the Use of Certain Phthalates as Excipients in CDER-Regulated Products.*

Fierens T. Van Holderbeke M. Willems H., De Henauwy S. Sioen I. (2012). *Phthalates in Belgian cow's milk and the role of feed and other contamination pathways at farm level.* Food and Chemical Toxicology. Ed. Elsevier. 50,2945-2953.

Fierens T., Servaes K., Van Holderbeke M., Geerts L. De Henauw S., Sioen I., Vanermen G. (2012). *Analysis of phthalates in food products and packaging materials sold on the Belgian market.* Food and Chemical Toxicology. 50 pp. 2575-2585.

Fierens T., Van Holderbeke M., Willems H., De Henauw S., Sioen I. (2012). *Transfer of eight phthalates through the milk chain- A Case study*. Environmental International. Vol. 51 Pp 1-7.

Holderbeke., y col. (2014). *Determination of contamination pathways of phthalates in food products sold on the Belgian market*. Environmental research, 134, 345-352.

Koch Holger Martin, Haller Andreas, Weiß Tobias, Heiko-Udo Käfferleina, Joachim Storkb, Brüning Thomas. (2012). *Phthalate exposure during cold plastisol application—a human biomonitoring study*. Toxicology Letters 213 (2012) 100– 106.

Lyche Jan L., Gutleb Arno C., Bergman Åke, Eriksen Gunnar S., Tinka Alber J. Murk, Ropstad Erik, Saunders Margaret, Skaare Janneche U. (2009). *Reproductive and developmental toxicity of phthalates*. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 12:225–249

NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards #0228. *National Institute for Occupational Safety and Health*.

Ostrovsky I., Čabala R., Kubinec R., Górová R., Blaško J., Kubincová J. R, y col. (2011). *Determination of phthalates sum in fatty food by gas chromatography*. Food Chemistry. Vol. 124. pg. 392-395.

Prada Carlos, Romano Dolores. (2016). *Los ftalatos un problema de salud pública que debe ser abordado con urgencia para proteger a mujeres embarazadas y niños. Una Propuesta Política*. Fundación Vivo Sano. Disponible en [www.hogarsintoxicos.org](http://www.hogarsintoxicos.org)

Record of CAS RN 26761-40-0 in the GESTIS Substance Database of the Institute for Occupational Safety and Health, Consultado septiembre 2007.

Schechter A., Lobber M., Guo Ying, Wu Q, Yun Se H., Imran N., Dunlei C., Colacino J. A. and Birnbaum L. S. (2013). *Phthalate concentration and dietary exposure from food purchased in New York State*. Environmental Health Perspectives Vol. 121, num. 4

Serrano S. E., Braun J., Trasande L., Dills R. (2014). *Phthalates and diet: a review of de food monitoring and epidemiology data*. Environmental Health 13:43

Sun H., Yang Y, Li H., Zhang. and Sun N. (2012). *Development of Multiresidue Analysis for Twenty Phthalate Esters in Edible Vegetable Oils by Microwave-Assisted Extraction–Gel Permeation Chromatography–Solid Phase Extraction–Gas Chromatography–Tandem Mass Spectrometry*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 60, 5532–5539.



**AMEQA**

---

**CONTRIBUCIONES SELECTAS EN ECOTOXICOLOGÍA Y QUÍMICA AMBIENTAL EN MÉXICO. VOLUMEN 3**

18 de julio del 2019.

**Dra. María Magdalena García-Fabila**  
**UAEM, Facultad de Química**  
**P R E S E N T E**

Estimada Dra. García-Fabila

El Comité Editorial del libro “**Contribuciones selectas en Ecotoxicología y Química Ambiental en México. Volumen 3**” reconoce y agradece su contribución titulada:

**María Magdalena García-Fabila, Amaya-Chávez Araceli, Bustamante-Montes Lilia Patricia, Juan Carlos Sánchez Meza, Aguilar Domínguez Thalía, Cisneros Montes Luis Edgar. DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN MÉTODO PARA ANÁLIZAR FTALATOS EN PRODUCTOS CARNICOS POR GCMS.**

Se le informa que el manuscrito ha sido revisado por pares y por el coordinador del capítulo y en completa conformidad con la Dirección del Comité Editorial, su trabajo ha sido dictaminado en forma inapelable como **ACEPTADA**.

Se agradece mucho su participación y en breve se le contactará para dar continuidad al proceso.

Sin más por el momento le envío un cordial saludo.

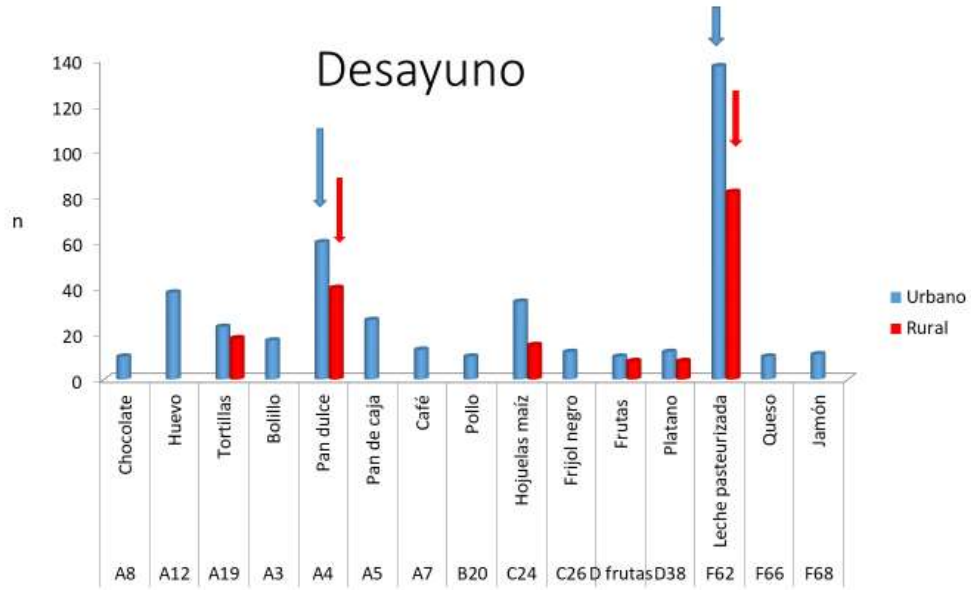
**A T E N T A M E N T E**

**Dra. Xochitl Guzmán García**  
**Miembro del Comité Editorial**  
**AMEQA. Coordinador del capítulo.**

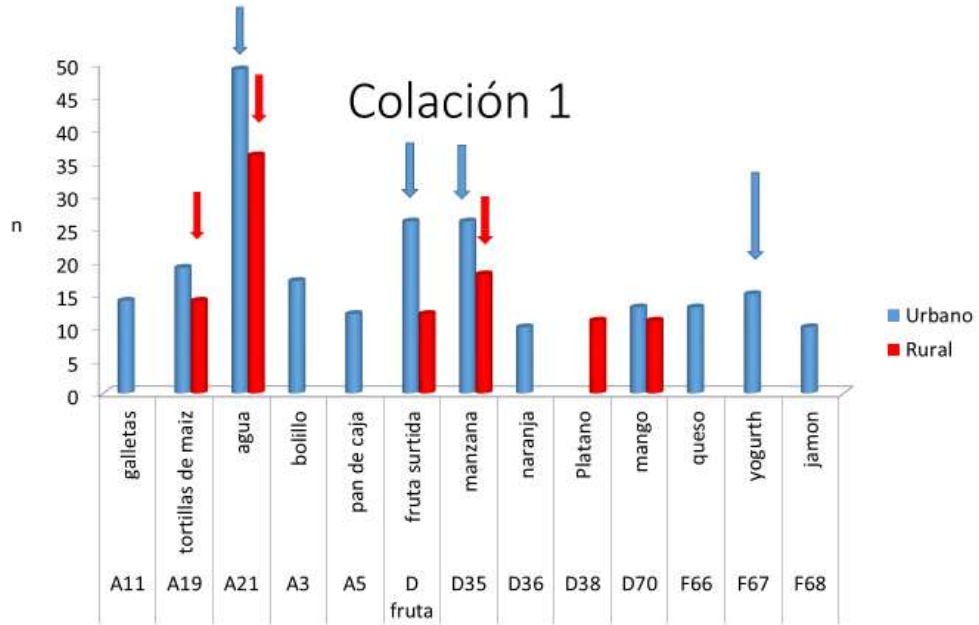
c.c.p. Dra. Patricia Ramírez Romero. Dirección del Comité Editorial AMEQA.

## Anexo

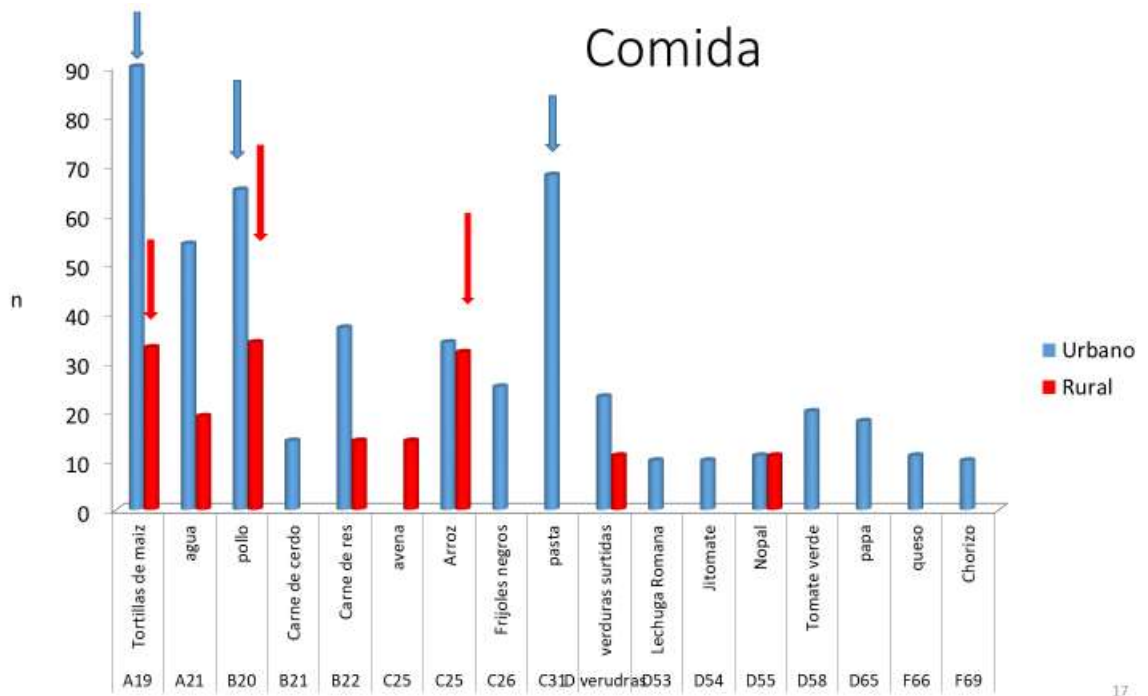
### Que comen los niños en la ZMVT



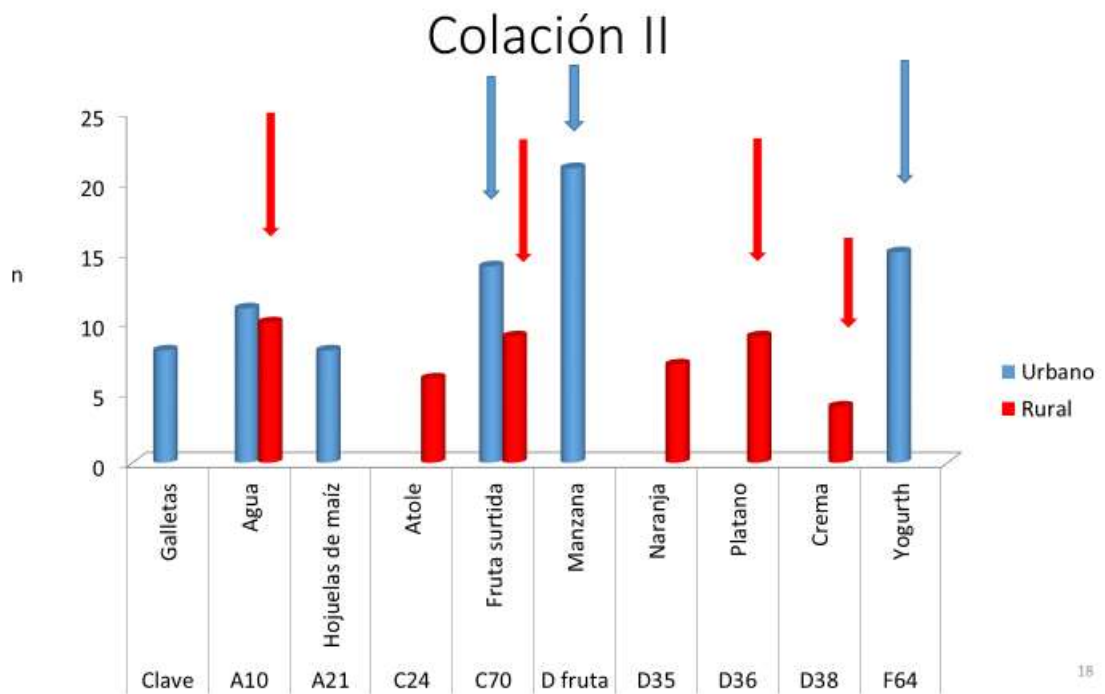
15



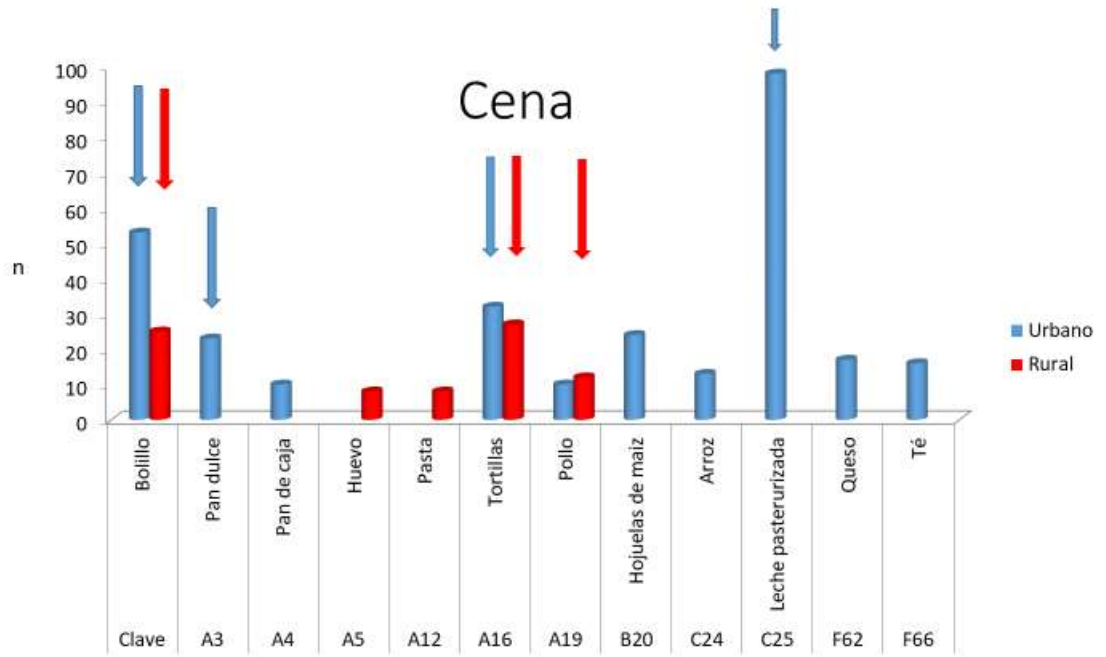
16



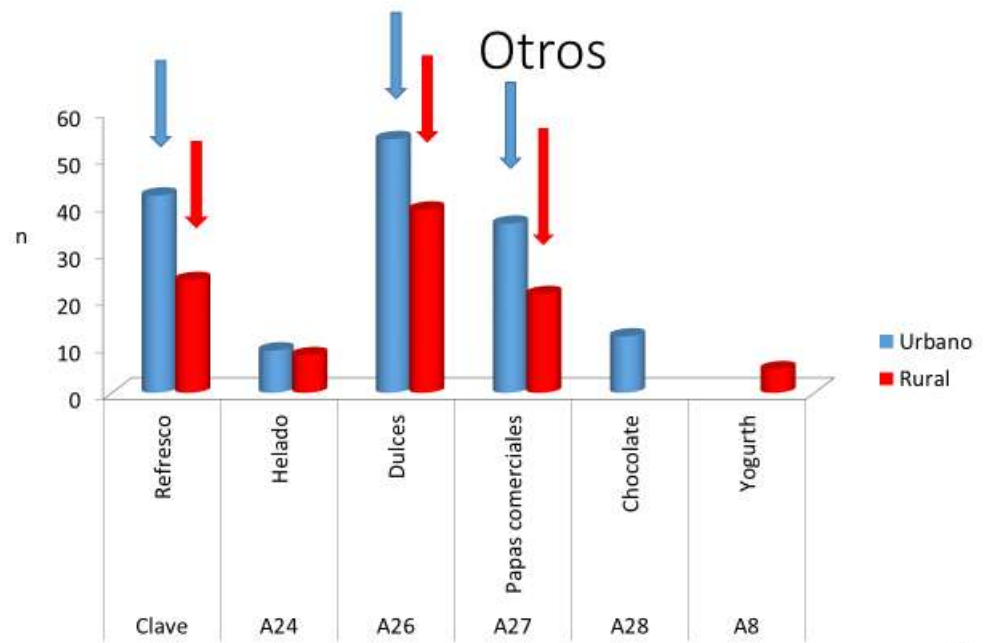
17



18



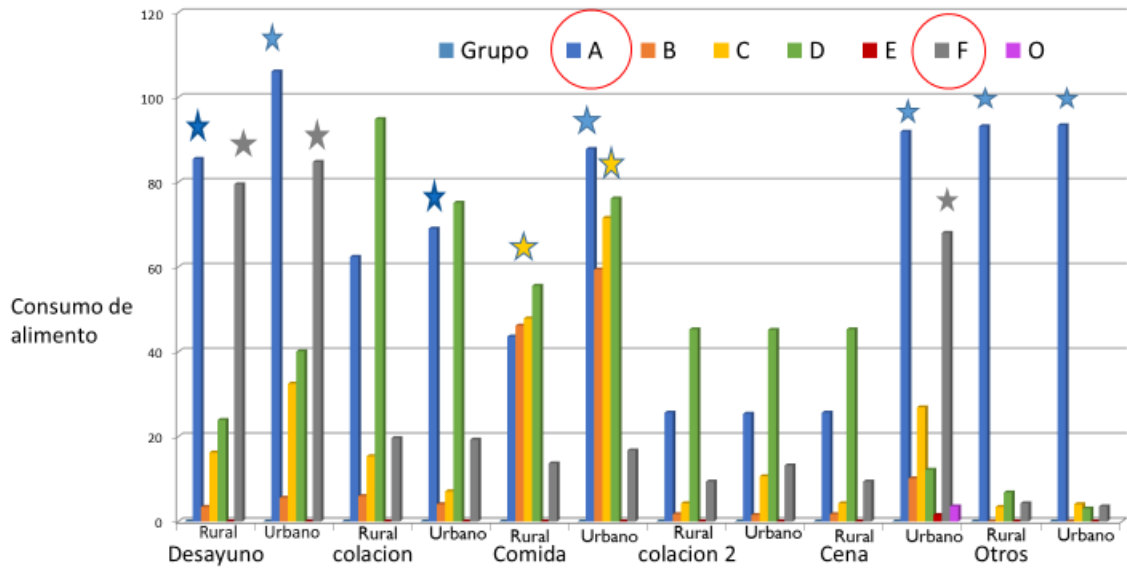
19



20

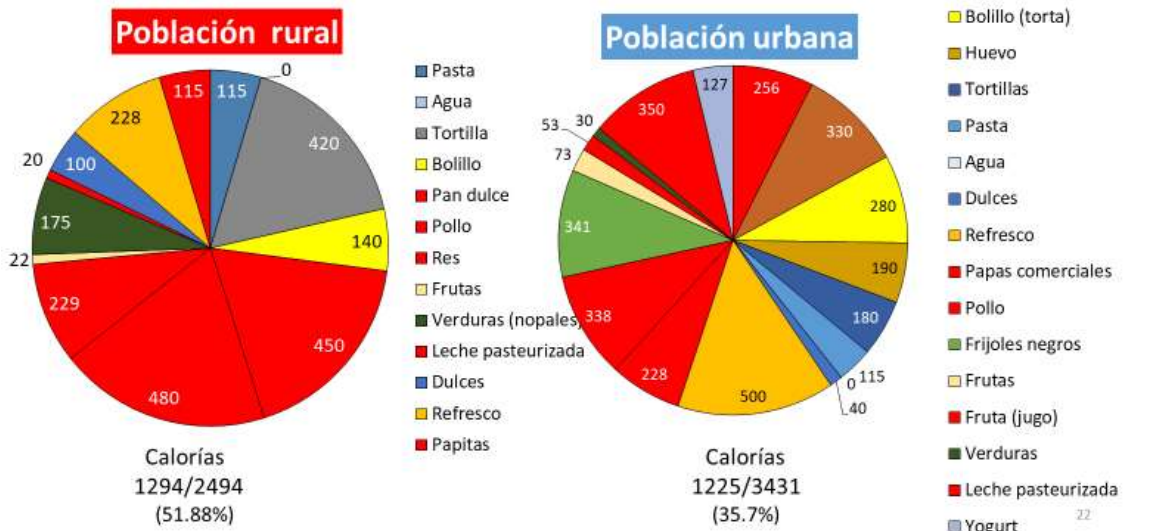


## Comparación de dietas por grupo de alimento



21

## Comparación de la dieta que consume



22

Matrices seleccionadas para analizar los ftalatos DEP, DBP, DEHP.

## Selección de matrices (Productos empacados)

Grupo	Alimento	n	Marcas	
<b>D-A</b>	Fruta (jugo)	2	Jumex *	Manzana Mango
<b>A</b>	Papas comerciales	4	Papas Sabritas Ruffles	Doritos Chetos
<b>A</b>	Aceite	3	Nutrioli Capullo	123
<b>A</b>	Concentrado de pollo	2	Knor Suiza	Rico Pollo
<b>F</b>	Leche pasteurizada	4	Alpura Santaclara	Nutrilche Liconsa
<b>F</b>	Yogurt	3	Alpura Yoplait	Danone
<b>F</b>	Crema de leche	2	Alpura	Lala

25

## Selección de matrices (Productos frescos)

Grupo	Alimento	n sugerida	n Urbana	n Rural
<b>A</b>	Pan dulce	22	Almoloya 2 Lerma 2 Zinacantepec 2 Metepec 2 Toluca 3	Almoloya 2 Lerma 2 Zinacantepec 2 Metepec 2 Toluca 3
<b>B</b>	Pollo	22	Almoloya 2 Lerma 2 Zinacantepec 2 Metepec 2 Toluca 3	Almoloya 2 Lerma 2 Zinacantepec 2 Metepec 2 Toluca 3
<b>B</b>	Res	22	Almoloya 2 Lerma 2 Zinacantepec 2 Metepec 2 Toluca 3	Almoloya 2 Lerma 2 Zinacantepec 2 Metepec 2 Toluca 3

26



### Plan de Muestreo

Tipo	Municipio	No.	código	sitio	Lista de alimentos	tipo o tamaño de la muestra	presentación	
							E	NE
Abarrotes comestibles								
I	toluca	1	AATU01	aceite nutriolli	Aceite para cocinar	1Lt	x	
I	toluca	2	AATU02	aceite capullo	Aceite para cocinar	1Lt	x	
I	toluca	3	AATU03	aceite 123	Aceite para cocinar	1Lt	x	
I	toluca	4	AATU04	knor Suiza	Concentrado de Pollo	1kg	x	
I	toluca	5	AATU05	Rico Pollo	Concentrado de Pollo	1kg	x	
I	toluca	6	AATU06	doritos	Papitas comerciales	40 g	x	
I	toluca	7	AATU07	Chetos	Papitas comerciales	58 g	x	
I	toluca	8	AATU08	Rufles	Papitas comerciales	50 g	x	
I	toluca	9	AATU09	papas sabritas	Papitas comerciales	52 g	x	
I	toluca	10	AATU10	jumex manzana	jugo embotellado	100 ml	x	
I	toluca	11	AATU11	jumex mango	jugo embotellado	100 ml	x	
U	Toluca		BPTU01	mercado morelos, Toluca	Pollo	pechuga		x
U	Toluca	11	BPTU01	mercado morelos, Toluca	Pollo	pierna		x
U	Toluca	12	BPTU02	central de abastos, Toluca	Pollo	pechuga		x
U	Toluca	13	BPTU02	central de abastos, Toluca	Pollo	pierna		x
U	Toluca	14	BPTU03	walmart, terminal	Pollo	paquete de piernas	x	
U	Toluca	15	BPTU03	walmart, terminal	Pollo	pechuga	x	
R	Toluca	16	BPTR01	el cerrillo PB, Toluca	Pollo	pechuga y pierna		x
R	Toluca	17	BPTR02	san cayetano, Toluca	Pollo	pechuga y pierna		x
R	Toluca	18	BPTR03	Toluca central de abastos	Pollo	pechuga		
U	Almoloya de Juarez	19	BPAU01	cabecera mercado	pollo	pechuga y pierna		x

U	Almoloya de Juarez	20	BPAU02	cabecera polleria	pollo	pechuga y pierna		x
R	Almoloya de Juarez	21	BPAR01	Santa Maria Nativitas	pollo	pechuga y pierna		x
R	Almoloya de Juarez	22	BPAR02	San Pedro	pollo	pechuga y pierna		x
U	Zinacantepec	23	BPZU01	Barrio de la Veracruz	pollo	pechuga y pierna		x
U	Zinacantepec	24	BPZU02	Santa Cruz Cuauhtenco	pollo	pechuga y pierna		x
R	Zinacantepec	25	BPZR01	San Juan de las Huertas	pollo	pechuga y pierna		x
R	Zinacantepec	26	BPZR02	La huerta	pollo	pechuga y pierna		x
U	Metepec	27	BPMU01	Mercado Metepec	pollo	pechuga y pierna		x
U	Metepec	28	BPMU02	Mercado Izcalli IV	pollo	pechuga y pierna		x
R	Metepec	29	BPMR01	San miguel Totohutlapilco	pollo	pechuga y pierna		x
R	Metepec	30	BPMR02	Mercado de San Miguel Totohutlapilco	pollo	pechuga y pierna		x
U	Lerma	31	BPLU01	Centro de lerma	pollo	pechuga		x
U	Lerma	32	BPLU02	Centro de lerma	pollo	pierna		x
R	Lerma	33	BPLR01	Santa Maria Atarasquillo	pollo	pechuga		x
R	Lerma	34	BPLR02	Santa Maria Atarasquillo	pollo	pierna		x
U	Toluca	35	BRTU01	mercado morelos, Toluca	RES	bistek y molida		x
U	Toluca	36	BRTU02	central de abastos, Toluca	RES	bistek y molida		x
U	Toluca	37	BRTU03	walmart, terminal	RES	bistek		x
U	Toluca	38	BRTU04	walmart, terminal	RES	molida	x	
R	Toluca	39	BRTR01	el cerrillo PB, Toluca	RES	molida		x
R	Toluca	40	BRTR02	san cayetano, Toluca	RES	molida		x
R	Toluca	41	BRTR03	falta	RES	molida		x
U	Almoloya de Juarez	42	BRAU01	cabecera mercado	RES	molida		x
U	Almoloya de Juarez	43	BRAU02	cabecera camiceria	RES	molida		x

R	Almoloya de Juarez	44	BRAR01	San Pedro	RES	molida		x
R	Almoloya de Juarez	45	BRAR02	San Pedro	RES	molida		x
U	Zinacantepec	46	BRZU01	Barrio de la Veracruz	RES	molida	x	
U	Zinacantepec	47	BRZU02	Santa Cruz Cuauhtenco	RES	molida	x	
R	Zinacantepec	48	BRZR01	San Juan de las Huertas	RES	molida	x	
R	Zinacantepec	49	BRZR02	La huerta	RES	molida		x
U	Metepec	50	BRMU01	Mercado Metepec	RES	molida	x	
U	Metepec	51	BRMU02	Mercado Izcalli IV	RES	molida	x	
R	Metepec	52	BRMR01	San miguel Totohutlapilco	RES	molida	x	
R	Metepec	53	BRMR02	Mercado de San Miguel Totohutlapilco	RES	molida	x	
U	Lerma	54	BRLU01	Centro de lerma	RES	molida	x	
U	Lerma	55	BRLU02	Centro de lerma	RES	molida	x	
R	Lerma	56	BRLR01	Santa Maria Atarasquillo	RES	molida	x	
R	Lerma	57	BRLR02	Santa Maria Atarasquillo	RES	molida	x	
U	Toluca	58	CPTU01	Toluca	PAN	CONCHA Y OTRO	x	
U	Toluca	59	CPTU02	Toluca	PAN	CONCHA Y OTRO		x
U	Toluca	60	CPTU03	Toluca	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Toluca	61	CPTR01	el cerrillo PB, Toluca	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Toluca	62	CPTR02	san cayetano, Toluca	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Toluca	63	CPTR03	santa cruz atzcapozaltongo	PAN	CONCHA Y OTRO		
U	Almoloya de Juarez	64	CPAU01	cabecera mercado	PAN	CONCHA Y OTRO		x
U	Almoloya de Juarez	65	CPAU02	cabecera polleria	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Almoloya de Juarez	66	CPAR01	Santa Maria Nativitas	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Almoloya de Juarez	67	CPAR02	San Pedro	PAN	CONCHA Y OTRO		x

U	Zinacantepec	68	CPZU01	Barrio de la Veracruz	PAN	CONCHA Y OTRO		x
U	Zinacantepec	69	CPZU02	Santa Cruz Cuauhtenco	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Zinacantepec	70	CPZR01	San Juan de las Huertas	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Zinacantepec	71	CPZR02	La huerta	PAN	CONCHA Y OTRO		x
U	Metepec	72	CPMU01	Mercado Metepec	PAN	CONCHA Y OTRO		x
U	Metepec	73	CPMU02	Mercado Izcalli IV	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Metepec	74	CPMR01	San miguel Totohutlapilco	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Metepec	75	CPMR02	Mercado de San Miguel Totohutlapilco	PAN	CONCHA Y OTRO		x
U	Lerma	76	CPLU01	Centro de lerma	PAN	CONCHA Y OTRO		x
U	Lerma	77	CPLU02	Centro de lerma	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Lerma	78	CPLR01	Santa Maria Atarasquillo	PAN	CONCHA Y OTRO		x
R	Lerma	79	CPLR02	Santa Maria Atarasquillo	PAN	CONCHA Y OTRO		x
U	Toluca	80	FLTU01	Alpura	Leche pateurizada	1L	x	
U	Toluca	81	FLTU02	Santaclara	Leche pateurizada	1L	x	
U	Toluca	82	FLTU03	Nutrileche	Leche pateurizada	1L	x	
U	Toluca	83	FLTU04	Liconsa	Leche pateurizada	no	x	
U	Toluca	84	FYTU01	Alpura	yogurth	150g fresa	x	
U	Toluca	85	FYTU02	Yoplait	yogurth	150g fresa	x	
U	Toluca	86	FYTU03	Danone	yogurth	150g fresa	x	
U	Toluca	87	FCTU01	Alpura	crema de leche	500g	x	
U	Toluca	88	FCTU02	Lala	crema de leche	500g	x	

Datos de calibración de cárnicos.

					ug/ml			ug/ml			ug/ml
tubo	peso muestr	conc adicior	d4-dep	dep	conc	d4-dbp	dbp	conc	d4-dehp	dehp	conc
1	15647	76605	0,36	46096	401128	1,79	37424	272684	2,53	0,0609468	0,7719928
1	16281	13355	0,69	65527	771721	2,88	67437	880229	5,15	0,390624	1,85296
1	17809	139519	0,65	60600	671116	2,63	49957	333135	2,25	0,36022	1,64672
2	21976	284674	1,17	72493	1271192	4,92	45671	48003	3,99	0,8900274	3,9795478
2	45456	585447	1,16	152020	3222814	6,21	98757	1451567	5,89	0,8635776	5,2015488
2	29673	336520	1,01	90131	1468536	4,48	58311	562424	3,6	0,7170787	3,4843965
10	30153	1108109	3,56	107200	4260686	12,77	66677	2191009	14,13	3,2858518	11,8330982
10	49645	17335323	3,38	165374	7377812	14,49	106417	3428348	13,84	3,1063032	13,5749484
10	30495	871874	2,74	113165	4083556	11,48	70030	1999649	12,18	2,4752092	10,6007935
20	44371	2091659	4,61	170643	10475924	20,43	111886	5363465	20,97	4,3687453	19,664422
20	52454	2605291	4,86	167384	11443362	22,89	103556	5157664	21,82	4,6423536	22,2547916
20	49125	2545961	5,08	149181	10748608	24,2	93866	4719320	22,03	4,7894166	23,2156449
40	56982	5469899	9,52	229111	24441757	36,45	146239	13125749	39,95	9,3916764	36,0795204
40	52920	4917418	9,21	185212	20322960	37,52	111966	9954200	39,56	9,0607572	37,1074108
40	89597	8929681	9,89	290366	26858325	31,43	192220	16021633	37,04	9,7847729	31,017424
0	38064	175764	0,33	132749	648837	0,44	96066	498446	1,58	0,0303795	-0,5974635
0	48065	121550	0,12	150421	820493	0,65	111764	516497	1,32	-0,1839096	-0,3882536
0	57866	337351	0,45	208505	1943925	2,01	134012	1120569	3,02	0,150912	0,9859584



Datos calibración de lácteos.

C. Ad	std de 10 ppm	masa	muestra	d4- dep	dep	conc	d4-dbp	dbp	conc	d4-dehp	dehp	concentraciones ug/g			
												conc	dep	dbp	dehp
0,5	50	2,0823	T1	1138	2481	0,1	2995	13614	0,8	1649	9367	1,7	0,00	0,24	0,66
0,5	50	2,2729	t2	16543	34363	0,78	70329	168867	0,85	62812	194351	1,2	0,28	0,24	0,38
0,5	50	2,2101	t3	25496	47384	0,71	89231	192347	0,8	80724	252109	1,2	0,26	0,23	0,39
1	100	2,1014	t4	14950	61621	1,5	63812	321602	1,4	60210	427398	2,5	0,64	0,52	1,03
1	100	2,3416	t5	5458	28318	1,83	46519	876233	4,4	65520	831169	3	0,72	1,75	1,14
1	100	2,1811	t6	26484	97440	1,32	77155	341643	1,3	64434	259512	2,5	0,54	0,46	0,99
2	200	2,2791	t7	8674	64893	2,59	46672	392073	2,2	44541	387636	3,1	1,07	0,83	1,21
2	200	2,2402	t8	18012	137214	2,64	81264	1261187	3,7	65811	455451	2,5	1,11	1,52	0,97
2	200	2,0156	t9	5265	35404	2,34	28543	252786	2,27	31440	368847	4,1	1,09	0,98	1,87
0	0	2,1314	t10	5984	4569	0,34	28739	34264	0,58	38293	179777	1,69	0,16	0,27	0,79
0	0	2,3311	t11	14777	17092	0,48	45543	67697	0,64	44849	172378	1,4	0,21	0,27	0,60
0	0	2,1317	t12	7457	1963	0,18	25943	6808	0,37	26159	75394	1,06	0,08	0,17	0,50
0	0	0	t13	25496	47384	0,71	89231	192347	0,79	80724	250690	1,14	0,71	0,79	1,14

Datos calibración de grasas.

C. Ad	adicionado	peso	muestra	d4- dep	dep	conc	d4-dbp	dbp	conc	d4-dehp	dehp	conc
0,5	50	0,6899	t1	148798	310683	0,79	203962	422471	0,77	113999	337208	1,09
0,5	50	0,6514	t2	195416	396490	0,77	299760	600730	0,76	189147	580565	1,13
0,5	50	0,7006	t3	278830	529507	0,72	358989	759758	0,78	212576	961540	1,63
1	100	0,7065	t4	244337	816566	1,21	310737	1305633	1,24	197540	902591	1,65
1	100	0,7093	t5	254461	940984	1,33	359813	1486660	1,23	196481	1353795	2,45
1	100	0,6921	t6	199158	806013	1,44	278571	1209130	1,27	215299	897685	1,51
2	200	0,671	t7	315140	2369273	2,61	456823	3615438	2,06	358691	2005104	2
2	200	0,7087	t8	177245	1421878	2,78	327491	2681778	2,12	196948	1819209	3,26
2	200	0,67	t9	184279	1381360	2,6	257707	2155918	2,16	162051	1240511	2,71
			t10	62835	46317	Below Cal	127589	126611	Below Cal	86280	359387	1,27
0	0	0	blanco	63105	16309	0,17	205099	8727	0,32	156026	53101	0,19
0	0	0	blanco 03a	20277	18032	0,39	151867	34063	0,36	177072	222408	0,5
0	0	0	blanco03b	14145	2687	0,15	148493	64906	0,41	179164	160192	0,38
0	0	0	blanco	63105	16309	0,17	205099	8727	0,32	156026	53101	0,19
0	0	0	blanco 03a	20277	18032	0,39	151867	34063	0,36	177072	222408	0,5
0	0	0	blanco03b	14145	2687	0,15	148493	64906	0,41	179164	160192	0,38